



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 195 34 291 A 1

51 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
B 66 F 9/07  
B 66 F 9/24  
// B 66 F 9/14, G 11 B  
15/68

21 Aktenzeichen: 195 34 291.7  
22 Anmeldetag: 15. 9. 95  
43 Offenlegungstag: 20. 3. 97

DE 195 34 291 A 1

- 71 Anmelder:  
Bitsch, Axel, Dipl.-Ing., 58456 Witten, DE
- 74 Vertreter:  
P. Meissner und Kollegen, 14199 Berlin
- 72 Erfinder:  
Bitsch, Axel, Dipl.-Ing., 58456 Witten, DE; Bitsch, Harald, Dipl.-Ing., 58456 Witten, DE
- 56 Entgegenhaltungen:  
DE-AS 14 31 811  
DE 44 05 952 A1  
DE 42 17 084 A1  
DE-OS 22 19 142  
DE 93 04 210 U1  
AT 2 69 742

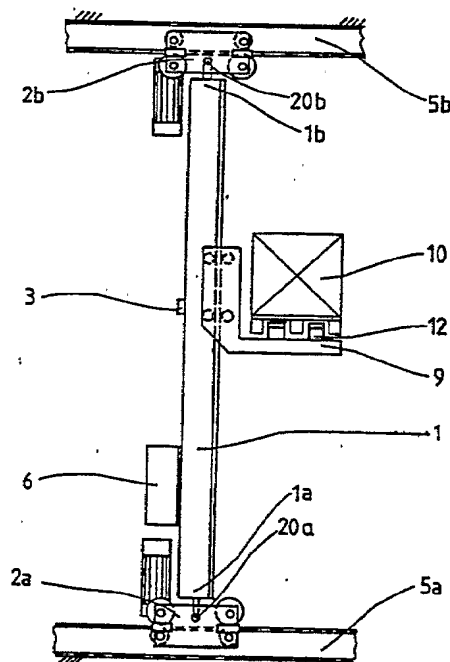
FR 25 49 814 A  
FR 22 94 979 A  
US 40 99 102  
US 35 96 789  
EP 06 21 231 A1

DE-Z.: Logistik im Unternehmen 8 (1994) Nr. 9, S. 62;  
DE-Z.: Logistik im Unternehmen 1993, Nr. 6, S. 8;  
DE-Z.: VDI-Nachrichten Nr. 11/1995  
vom 17.03.1995, S. 31, Dietmar Kippels: »Mit  
Standardelementen und autonomen Modulen wird  
das Lager schlank«;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät

- 57 Bei Regalanlagen hängt der Volumennutzungsgrad von den Überhangmaßen des Regalbediengerätes ab. In den Gassen und im Kopfgang einer Regalanlage ergeben sich aufgrund des großen Radabstandes der Laufräder unnötig große Zonen, die nicht zur Lagerung genutzt werden können. Darüber hinaus sind Regalbediengeräte mit großem Radabstand schwer und benötigen zum Gassenwechsel einen relativ breiten Kopfgang. Je nach Anforderung müssen verschiedene konstruktive Ausführungsprinzipien eingesetzt werden.
- Um den Volumennutzungsgrad der Regalanlage zu verbessern, das Eigengewicht des Regalbediengerätes und den Aufwand für den Gassenwechsel zu verringern sowie eine einheitliche konstruktive Lösung für eine Vielzahl von Anwendungen zu ermöglichen, besitzt das vorgeschlagene Regallager ein Regalbediengerät mit getrennt antreibbaren kraftschlüssig wirkenden Fahrwerken (2a, 2b), die das Regalbediengerät über einen Wegegleitlauf in einer vorgegebenen, vorzugsweise lotrechten Mastausrichtung halten. Das Anwendungsgebiet erstreckt sich auf Regalanlagen unterschiedlicher Höhe, Gassenlänge, Lastgewichte, Umschlagsleistung und Gassenwechselemöglichkeit.



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 97 702 012/257

14/24

DE 195 34 291 A 1

Die Erfindung betrifft eine Regalanlage mit an Schienen geführten Regalbediengerät gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät ist aus der Druckschrift der Fa. DEMAG, DZD 92.20 A 008, Ausgabe A/473/12T, Seite 35 bekannt.

In der DE 42 02 668 C2 ist ein an Schienen geführtes Kleinlast-Regalbediengerät beschrieben. Es ist ein Regalbediengerät mit vertikalem Mast mit je einem Fahrwerk am Mastfuß und an der Mastspitze. Das Regalbediengerät stützt sein Eigengewicht auf einem unteren abrollenden Laufrad ab. Die Fahrwerke werden über je ein Zugmittel von ortsfesten Fahrmotoren angetrieben. Eine elektronische Synchronisierung sorgt für den Gleichlauf der Fahrmotoren. An dem Mast ist ein vertikal verfahrbarer Hubtisch mit einer Ausfahreinheit angeordnet. Eine Variante dieses vorstehend beschriebenen Regalbediengerätes ist an dem oberen und unteren Fahrwerk mit je einem mitfahrenden Fahrmotor ausgestattet. Jeder Fahrmotor steht über ein Antriebszahnrad mit je einem ortsfesten Zugmittel in Verbindung. Die Zugmittel sind an ihren Enden im Endbereich der unteren und oberen Führungsschienen des Regalbediengerätes befestigt.

Bei diesem Regalbediengerät besteht aufgrund der unterschiedlichen vertikalen Massenverteilung die Gefahr, daß unter horizontaler Beschleunigung/Verzögerung die elastischen Zugmittel unterschiedlich stark federn und der Mast in dieser Phase eine oszillierende unkontrollierte vertikale Schiefelage einnimmt. Hierbei werden die seitlichen Führungsrollen, die am Mast befestigt sind, infolge des dynamisch wechselnden Schräglaufwinkels der Führungsrollen, axial besonders stark beansprucht. Dies kann bei intensivem Betrieb zu frühzeitigem Verschleiß oder Ausfall der Führungsrollen führen. Darüber hinaus werden die stark vorgespannten Zugmittel an den Antrieben mehrfach umgelenkt, wobei Gegenbiegewechsel nicht zu umgehen sind.

In der EP 02 41189 A2 ist ein an Linearführungen verfahrenes Bediengerät mit einem vertikalen Hubmast zur Beschickung eines Kleinlastregals für z. B. Videokassetten beschrieben. Der Hubmast ist horizontal verfahrbar und jeweils an seinem oberen und unteren Ende in den Linearführungen gelagert sowie über ein Zugmittel antreibbar. An dem Hubmast ist ein vertikal bewegliches Lastaufnahmemittel angeordnet mit dem Kleinbehälter aus- und eingelagert werden können. Das Zugmittel ist an den Enden des Hubmastes befestigt und wird über zahlreiche Umlenkrollen zu einem ortsfesten Antrieb geführt.

Bei diesem Bediengerät ist nachteilig, daß obere und untere Führung als Linearführung ausgebildet sind und demzufolge nur geringe vertikale Lasten aufnehmen können. Aufgrund der durch die Linearführungen begrenzten Baulänge und der nur an den Enden aufgelagerten biegeweichen Stangenführungen eignet sich dieses Bediengerät nur für sehr kurze Fahrwege.

Nachteilig bei den in DE 42 02 668 C2 und EP 02 41189 A2 beschriebenen Regalbediengeräten ist ferner die technisch bedingte Begrenzung auf den Niedriglastbereich. Dieser Bereich deckt z. Zt. Nutzlasten bis ca. 100 kg ab. Zugmittel neigen grundsätzlich — vor allem bei größeren Massenbeschleunigungen und bei größeren Längen — zu unerwünschten Schwingungen, Elastizitäten, bleibenden Dehnungen und Verschleiß, so

daß die vorstehend beschriebenen Kleinlast-Regalbediengeräte darüber hinaus nur bei kurzen Gassenlängen eingesetzt werden können. Bei Zugmitteln wie z. B. Zahnriemen ist beispielsweise ein dynamischer Federweg von ca. 1 Promille der Riemenlänge beim Beschleunigen/Verzögern zu berücksichtigen, so daß bereits bei 30 m Riemenlänge eine Schwingungsamplitude von ca. 3 cm erreicht wird. Der Spannweg beträgt üblicherweise ca. 4 Promille der Riemenlänge. Eine entsprechend stärkere Dimensionierung der elastischen Zugmittel scheitert an den hohen Zusatzkosten, vor allem bei großen Gassenlängen. Darüber hinaus besteht bei großen Gassenlängen die Notwendigkeit des laufenden Nachspannens, denn die erforderliche Positioniergenauigkeit der Regalbediengeräte erfordert eine stets konstante und gleichmäßige Vorspannkraft der verwendeten oberen und unteren Zugmittel. Weiterhin nachteilig bei diesen Geräten ist die große Anzahl gleich- oder gegenseitiger Umlenkungen der Zugmittel, denn diese erhöhen den Verschleiß, die Geräuschentwicklung und die Reibungsverluste der Fahrtriebe. Ein Antrieb der Fahrbewegung über ortsfest angeordnete Zugmittel (Seile, Ketten, Zahnriemen usw.) bedeutet auch zwangsläufig, daß derartige Regalbediengeräte ihre einmal zugewiesene Gasse nicht verlassen können. Gassenwechsel sind erforderlich, wenn mehr Regalgassen in der Regalanlage vorhanden sind als Regalbediengeräte. Für Regalanlagen mit schwereren Lasten und längeren Gassen sowie bei Gassenwechsel sind die vorstehend beschriebenen Regalbediengeräte nicht einsetzbar. In diesem Bereich werden nahezu ausschließlich Regalbediengeräte eingesetzt, welche die Antriebskräfte ihrer mit dem Gerät mitfahrenden Fahrmotoren direkt in ortsfest angeordnete und entsprechend stabil dimensionierte Schienen einleiten.

In der CH 518 863 ist ein Regalbediengerät beschrieben, welches an dem unteren und dem oberen Mastende angetrieben wird. Es handelt sich um ein an Schienen geführtes Regalbediengerät mit einem Mast, an dem ein Hubwagen mit einer Last verfährt. Der Mast wird am oberen und unteren Ende mit seitlich angeordneten Führungsrollen an Führungsschienen geführt und stützt sich in Fahrtrichtung formschlüssig über zwei Ritzel einer vertikalen Verbindungswelle in je einer oberen und unteren ortsfesten Zahnstange ab. Das Regalbediengerät leitet die vertikalen Kräfte über ein Laufrad in die untere Führungsschiene ein. Durch die Zwangsführung der Mastenden kann auf einen horizontalen Radabstand verzichtet werden. Der Antrieb für die Fahrbewegung erfolgt wahlweise mitfahrend oder über Zugmittel.

Nachteilig bei diesem Regalbediengerät ist der hohe mechanische Aufwand für die Verbindungswelle und deren Lagerung am Mast sowie die sehr hohen Kosten für die obere und untere Zahnstange und deren präzise Verlegung in der Gasse der Regalanlage. Der zur Aufrechterhaltung der lotrechten Ausrichtung des Mastes erforderliche Material- und Montageaufwand für Verbindungswelle und Zahnstangen ist je nach Gassenlänge um ein Vielfaches höher als die Materialeinsparungen an der Tragkonstruktion. Zusätzlich neigt dieses Regalbediengerät bei hohen Regalanlagen zu kaum beherrschbaren massendynamischen Schwingungen, weil die extrem lange Verbindungswelle sehr verdrehweich ist und unter dynamischen Einflüssen wie eine Torsionsfeder wirkt. Des weiteren sind bei hohen Fahrgeschwindigkeiten störende Zahneingriffsgeräusche sowie Schmier- und Verschleißprobleme an den offen liegenden Verzahnungen zu befürchten. Diese Nachteile füh-

ren zu hohen Investitions-, Wartungs- und Instandhaltungskosten, vor allem wenn die Zahnstangen ersetzt werden müssen. Die hohe Geräuscentwicklung wird noch dadurch verstärkt, daß sich die untere Zahnstange oft in unmittelbarer Nähe des Aufenthaltsortes des Lagerpersonals befindet. Die vorstehenden Nachteile sind so gravierend, daß sich dieses Regalbediengerät bisher am Markt nicht durchsetzen konnte.

Aus dem Katalog der Fa. DEMAG, DZD 92.20 A 008, ist eine Regalanlage mit einem an Schienen geführten Regalbediengerät bekannt, welches die in der CH 518 863 beschriebenen Nachteile vermeidet. Das Regalbediengerät dieser Regalanlage ist zur besseren Verdeutlichung in Fig. 9 dargestellt. Es besteht in seiner tragenden Konstruktion aus Mast, unterem Fahrwerk und oberem Fahrwerk, die miteinander biegesteif verbunden sind. Es stützt sich im Stillstand und während der Fahrbewegung mittels horizontal angeordneter Führungsrollen an einer unteren ortsfest angeordneten Führungsschiene und einer oberen ortsfest angeordneten Führungsschiene seitlich ab. Üblicherweise befindet sich in jeder Gasse der Regalanlage ein Regalbediengerät. Das Regalbediengerät hat ein nicht angetriebenes Laufrad und ein angetriebenes Laufrad, die an dem unteren Fahrwerk angeordnet sind und das Eigengewicht des Regalbediengerätes auf die untere Führungsschiene übertragen. Ein Laufrad wird von einem Fahrmotor angetrieben und überträgt die Antriebskraft kraftschlüssig auf die untere Führungsschiene. Innerhalb des Mastes befindet sich ein vertikal verfahrbarer Hubwagen mit einem Lastaufnahmemittel, mit welchem Ladeeinheiten, z. B. Paletten, Behälter usw. in Regale ein- und ausgelagert werden können. Die Nutzlast des vorstehend beschriebenen Regalbediengerätes beträgt lt. Katalogangaben der Fa. DEMAG 1500 kg und die max. Höhe 30 m. Das vorstehend beschriebene Regalbediengerät weist, neben dem angetriebenen unteren Laufrad, ein weiteres, unabhängig wirkendes Reibrad auf, welches in der Nähe des oberen Fahrwerkes angebracht ist. Das Reibrad bildet mit einem Dämpfungsmotor einen elektrischen Dämpfungsantrieb. Er übt kaum eine antreibende Wirkung auf das Regalbediengerät aus, denn er dient lediglich zur Unterdrückung und Tilgung von horizontalen Mastschwingungen. Dieses wird sehr anschaulich durch die Größenverhältnisse der dargestellten Antriebsmotoren verdeutlicht.

Nachteilig bei diesem Regalbediengerät ist die Nachlaufneigung des schwungmassenbehafteten Dämpfungsmotors nach dem elektrischen Abschalten des Antriebs. So werden über den Dämpfungsantrieb zwar die Schwingungen des Mastes während der Fahrbewegung des Regalbediengerätes wirksam unterdrückt, die Auslenkung des Mastes, die horizontale Positioniergenauigkeit des Hubwagens bei der Fachanfahrt und die Standsicherheit des Regalbediengerätes werden jedoch negativ beeinflusst. Aus diesen Gründen hat sich dieses Prinzip nicht dauerhaft im Markt etablieren können, da neuere Regalbediengeräte auf Dämpfungsantriebe verzichten. Bei neueren Regalbediengeräten wird die Tragkonstruktion statt dessen steifer ausgelegt; hierbei werden der Gewichtsnachteil und die Kippgefährdung in Kauf genommen. In Abhängigkeit von der Gerätehöhe und der Beschleunigung/Verzögerung wird das betriebsmäßig erforderliche Standmoment ( $M_{st}$ ), entsprechend der Beziehung  $\Sigma M_{st} \geq 1.5 \cdot \Sigma M_k$  von der Gravitationskraft und/oder von Zwangsführungen in Verbindung mit dem horizontalen Radabstand aufgebracht und vertikal auf der Führungsschiene abgestützt. Das

aus dem erforderlichen Radstand resultierende große horizontale Überhangmaß verschlechtert den Volumennutzungsgrad des Lagers. Der Volumennutzungsgrad ist das Verhältnis von genutztem Lagervolumen zu umbautem Lagervolumen. Eine Reduzierung des Radabstandes ist bei diesen Regalbediengeräten durch den Einsatz von Gegenrollen, die an den Unterseiten des Kopfes der unteren Führungsschiene laufen, auch nur begrenzt möglich, weil hierdurch die Kräfte auf Laufräder, Gegenrollen, Führungsschiene und deren Befestigung stark steigen und somit sehr schnell technische und wirtschaftliche Grenzen erreicht werden. Darüber hinaus erfordern diese Regalbediengeräte bei eventuellen Gassenwechseln einen relativ breiten Kopfgang, der, bei Verwendung von quer verschiebenden Umsetzbrücken, stets größer als die Gesamtlänge des Regalbediengerätes ist.

Aus der DE 40 16 735 C2 und aus der EPA 0483 169 B1 sind ferner kurvengängige Regalbediengeräte bekannt, welche einen relativ schmalen Kopfgang bei einem Gassenwechsel benötigen, weil die Fahrwerke mit einem oder mehreren Knickgelenken versehen sind. Kurvengängige Regalbediengeräte werden in Regalanlagen eingesetzt die mehr Gassen als Regalbediengeräte aufweisen. Bei derartigen Regalanlagen, die mit einem oder zwei stirnseitigen Kopfgängen ausgestattet sind, können die Kopfgänge schmaler als die Gesamtlänge der Regalbediengeräte ausgeführt werden.

Nachteilig ist auch bei diesen Regalanlagen der relativ große Radabstand der Regalbediengeräte in Gassenrichtung, weil die Kopfgangbreite nicht vorwiegend von der Abmessung der Ladeeinheiten (z. B. Paletten, Behälter), sondern von dem wesentlich größeren Kurvenradius der Regalbediengerätefahrwerke bestimmt wird. Ferner erfordern die gewichts-, montage- und fertigungsintensiven Kurvenabschnitte der unteren und oberen Führungsschienen der Regalanlage und die mehrfach gelenkig ausgebildeten Kurvenfahrwerke der Regalbediengeräte hohe Material-, Fertigungs- und Montageaufwendungen.

Ferner ist aus neueren Herstellerkatalogen zu entnehmen, daß die Leistungsansprüche und damit die unmittelbaren Anforderungen an die Fahrdynamik von Regalbediengeräten ständig zunehmen. Nutzlasten bis zu 2000 kg, gesteigerte Umschlagsleistungen, betriebsmäßige Beschleunigungen und Verzögerungen bei Kleinlast-Regalbediengeräten bis zu  $3 \text{ m/s}^2$  und Fahrgeschwindigkeiten bis zu  $5 \text{ m/s}$  werden angeboten. Diese Leistungssteigerungen erhöhen zwangsläufig die dynamischen Beanspruchungen, Verformungen und Kippmomente der Regalbediengeräte, so daß diese Problematik immer mehr zu berücksichtigen ist. Weiterhin erfordert auch die Geräuscentwicklung eine immer stärkere Beachtung, da Regalbediengeräte mehr und mehr in den Produktionsprozeß integriert werden. An Bedeutung gewinnen auch Gassenwechseleinrichtungen, die den Betrieb von nur einem Regalbediengerät in einer mehrgassigen Regalanlage ermöglichen. Regalanlagen mit an Schienen geführten Regalbediengeräten und mitfahrenden kraftschlüssig wirkenden Fahrtrieben sind beim Gassenwechsel vorteilhaft, weil sie ortsungebunden als zugmittelbetriebene Geräte sind und sich wegen der kraftschlüssig wirkenden Antriebe leichter in die Führungsschienen der Gassen einfädeln lassen. Regalbediengeräte mit konventionellem horizontalen Radabstand stoßen jedoch bezüglich ihrer Kippsicherheit an physikalischen Grenzen, weil die Standsicherheit

ten, nicht nur wegen evtl. unterschiedlicher vertikaler Drücke der Laufräder richtungsabhängig, sondern auch last- und beschleunigungsabhängig sind. Gemäß der FEM Berechnungsregel 9.311 ist eine für den Gerätebetrieb ausreichende Standsicherheit bei Regalbediengeräten erst dann gegeben, wenn der Quotient aus der Summe der Standmomente zu der Summe der Kippmomente gleich oder größer 1,5 ist. Bei Regalbediengeräten die nur an einem Ende des Mastes angetrieben werden ist ferner nachteilig, daß der Mast näherungsweise einen Freitträger darstellt, dessen dynamische Verformung am freien Mastende z. B. unter einer gleichmäßig verteilten horizontal wirkenden Flächenlast um ca. eine Zehnerpotenz höher ist als bei einem an beiden Mastenden synchron angetriebenen Mast. Regalbediengeräte werden u. a. nach den zu erwartenden dynamischen Verformungen unter betriebsmäßiger Horizontalbeschleunigung dimensioniert, damit beim Positionieren keine unzulässigen Nachschwingungen und dadurch bedingte unerwünschte Beruhigungszeiten entstehen. Erfahrungsgemäß führen größere horizontale Schwingungsauslenkungen des Mastes zu nicht akzeptablen Beruhigungszeiten der Regalbediengeräte. Beim Pufferstoß kann der Mast so extrem beansprucht werden, daß bei hohen Regalbediengeräten bleibende Verformungen auftreten, wenn nicht entsprechend Vorkehrungen, durch z. B. Verstärkungen der Tragkonstruktion und/oder hydraulische Puffer, getroffen werden. Insofern ist für den Mast eine Mindeststeifigkeit erforderlich, die sich u. a. im Flächenträgheitsmoment des Mastes ausdrückt. Ein hohes Flächenträgheitsmoment führt in der Regel zu hohen Mastgewichten, wenn aus Kostengründen nicht auf extrem teure Materialien, wie z. B. kohlefaserverstärkte Verbundwerkstoffe, ausgewichen werden kann. Es ist daher bei höheren Regalbediengeräten häufig ein Gewichtsverhältnis von ca. 4/1 bis ca. 15/1 zwischen Geräteeigengewicht und Nutzlast anzutreffen. Hohe Gerätegewichte erfordern zwangsläufig auch hohe Antriebsleistungen der Fahrmotoren, sie erhöhen darüber hinaus die Beanspruchungen, den Transportaufwand, den Energieverbrauch und die Kosten der Regalbediengeräte. Die teilweise gravierenden Nachteile der vorstehend beschriebenen bekannten Regalbediengeräteprinzipien haben dazu geführt, daß Regalbediengeräte entweder individuell für den jeweiligen kundenspezifischen Einsatz konstruiert werden müssen, oder für unterschiedliche Anforderungen auf mehrere standardisierte Baureihen zurückgegriffen werden muß. Für die Endkunden bedeutet dieses, das dieser Zusatzaufwand sich letztendlich in höheren Preisen als notwendig bei automatischen Regallagern niederschlägt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine kostengünstige Regalanlage für nahezu beliebige Lagerkonfigurationen — wie z. B. Regallängen, Regalhöhen, Nutzlasten und Gassenwechselmöglichkeit — zu schaffen, bei der ein mechanisch einfaches, besonders leichtes, leistungsstarkes, vielseitiges und geräuscharmes sowie toleranzunempfindliches Regalbediengerät eingesetzt werden kann. Hiermit sind die Voraussetzungen für einen einheitlichen Regalanlagen- und Regalbediengeräte-Baukasten geschaffen, bei dem durch Wiederholteile zusätzliche Rationalisierungseffekte erzielt werden können.

Die sich hieraus ergebenden Vorteile der Kosteneinsparungen bei Regalen, Regalbediengeräten und in der Lagervorzone, sowie die deutlich kompakteren Lager mit verbessertem Volumennutzungsgrad, die Steigerung der Lagerumschlagsleistung und die nahezu uni-

versellen Einsatzmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Regalbediengerätes führen zu gewerblicher Anwendbarkeit bei einem Großteil der Regalanlagen, Lager- und Transportsysteme in Industrie und Handel.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß dadurch, daß das Fahrwerk (2a) und das Fahrwerk (2b) des Regalbediengerätes an der unteren Führungsschiene (5a) und der oberen Führungsschiene (5b) zueinander einen Wegegleichlauf erzeugen und das Regalbediengerät überwiegend oder ausschließlich durch die kraftschlüssig wirkenden Antriebs- und Bremskräfte der Fahrwerke (2a, 2b) in einer vorzugsweise lotrechten Ausrichtung des Mastes (1) gehalten wird. Mittels dieses Antriebssystems wird das an sich instabile Gleichgewicht des Regalbediengerätes mit Hilfe einer hochdynamischen Lageregelung betriebsmäßig in einem Kräftegleichgewicht gehalten, so daß u. a. der nachteilige große horizontale Radabstand kraftschlüssig angetriebener herkömmlicher Regalbediengeräte entfallen kann. Durch die gelenkige Anbindung der Enden des Mastes (1) an die Fahrwerke (2a, 2b) kann der Mast (1) nunmehr als "frei aufliegender Träger" statt als "Freitträger" ausgelegt werden, was u. a. zu einer hohen Gewichtsersparnis beim Tragwerk des erfindungsgemäßen Regalbediengerätes führt. Das Regalbediengerät weist in der Regalgasse geringe Überhangmaße auf, welche im Zusammenhang mit den kraftschlüssig wirkenden Fahrwerken (2a, 2b) und einem Schwenkantrieb (23) Gassenwechsel mit engen Kurvenradien bei geringer Kopfgangbreite ermöglichen und dem Regalbediengerät in einem System von Führungsschienen (5a, 5b, 5c), mit oder ohne Schienenweichen (35, 36, 37, 38), eine große Bewegungsflexibilität geben. Darüber hinaus ist es auch möglich mit dem erfindungsgemäßen Regalbediengerät mittels des Schwenkantriebes (23) in einer Regalgasse und/oder im Kopfgang zu wenden. Des weiteren besteht mit dem Regalbediengerät die Möglichkeit auch mehrere Gassen zu bedienen, wenn untere und obere Führungsschienen im Kopfgang bogenförmige Abschnitte bilden und somit mehrere Gassen mit durchgängigen Führungsschienen verbunden werden. Hierbei wird allerdings ein etwas breiterer Kopfgang als beim Weichenbetrieb benötigt.

Ein Wegegleichlauf von Mastfuß (1a) und Mastkopf (1b) kann beispielsweise durch mechanische, elektrische, hydraulische, pneumatische oder ähnliche Antriebe — etwa durch den Einsatz von Verstellgetrieben, regelten elektrischen oder hydraulischen Antrieben — erreicht werden. Dabei ist es nicht hinreichend, daß die Fahrmotoren (8a, 8b) der kraftschlüssig wirkenden Fahrwerke (2a, 2b) nur auf jeweils gleiche Drehzahl synchronisiert werden. Aufgrund nicht zu vermeidender herstell- und verschleißbedingter Durchmessertoleranzen der Laufräder (7a, 7b), des zu erwartenden unterschiedlichen Schlupfes der unteren und oberen angetriebenen Laufräder (7a, 7b) und der ggf. verwendeten schlupfbehafteten Drehstromasynchronmotoren kann ein stabiler horizontaler Wegegleichlauf von Mastfuß (1a) und Mastkopf (1b) nur erreicht werden, wenn die Fahrmotoren (8a, 8b) — zumindest zeitweise — unterschiedliche Drehzahlen aufweisen.

Das Regalbediengerät der erfindungsgemäßen Regalanlage leitet die horizontalen und vertikalen Kräfte, die beispielsweise aus Nutzlast, Eigenlast und Massenbeschleunigung entstehen, über die vorstehend beschriebenen kraftschlüssig wirkenden Fahrwerke (2a, 2b) direkt in die Führungsschienen (5a, 5b) der Regalanlage ein. Hierdurch werden weitere Elastizitäten inner-

halb des Antriebssystems vermieden. Die von den unteren Laufrädern (7a) und den oberen Laufrädern (7b) aufzubringenden horizontalen Antriebskräfte können stark unterschiedlich sein, da die zu kompensierenden Kippkräfte zu den fahrtrichtungsabhängigen Beschleunigungskräften entweder hinzuzufügen oder abzuziehen sind. Im Extremfall können den Fahrwerken (2a, 2b) während der Gerätefahrt sogar zeitweise gegengerichtete Antriebskräfte abverlangt werden, um einen Wegegleichlauf unter der Wirkung starker Kippkräfte zu erzeugen. Der erforderliche stabile Wegegleichlauf bedingt eine hochdynamische und entsprechend "steife" Gleichlaufregelung der Fahrmotoren (8a, 8b). Hierzu müssen die etwa leistungsgleichen Fahrmotoren (8a, 8b) u. a. mit hohen dynamischen Drehmomentreserven ausgestattet sein. Zur Erzielung eines exakten Wegegleichlaufs von Mastfuß (1a) und Mastkopf (1b) ist es ferner zweckmäßig, die obere und untere Führungsschiene (5a, 5b) so miteinander zu verbinden oder abzustützen, daß die Verformungen der Führungsschienen (5a, 5b) unter den horizontal wirkenden Antriebskräften möglichst klein sind. Die theoretisch erforderliche Kippsicherheit des Regalbediengerätes ist dann gegeben, wenn das Verhältnis der übertragbaren horizontalen Antriebskräfte der Fahrwerke (2a, 2b) zu der an den Fahrwerken (2a, 2b) wirkenden Summe der vorhandenen Massenkraft und Kippkräfte  $\geq 1.5$  ist. Um dieses in allen Belastungssituationen des Regalbediengerätes sicherzustellen, werden die Laufräder (7a, 7b) durch einstellbare oder gefederte Gegenrollen (14a, 14b) unter eine entsprechende Vorspannung gebracht. Die Sicherheit gegen Durchrutschen der angetriebenen Laufräder sollte jedoch den Mindestfaktor 1.5 deutlich überschreiten, um z. B. bei Reibwertschwankungen infolge Feuchtigkeitseinwirkung einen noch ausreichenden Kraftschluß sicherzustellen.

Damit die Bewegungskordinaten des Regalbediengerätes mit den Koordinaten der Regalanlage übereinstimmen, ist es ferner vorteilhaft, den Mast (1) in der lotrechten Ausrichtung der eventuellen Schiefstellung der Regalsteher in Gassenrichtung anzugleichen. Die Schiefstellung des Regals resultiert u. a. aus Montage- und Fertigungstoleranzen, Bodensetzungen und/oder Windkräften und kann am obersten Regalfach gem. der FEM 9.831 u. U. mehrere Zentimeter bzw. 1/1000 der Regalhöhe betragen. Diese Anpassung, die z. B. mit einer entsprechenden Programmierung der Positioniersteuerung möglich ist, verringert unwirtschaftlich große Fachfreiräume zwischen Last (1) und Regalsteher und führt so zu einem verbesserten Volumennutzungsgrad sowie zu erheblich geringeren Regalbaukosten aufgrund der möglichen größeren Regaltoleranzen.

Die jeweiligen Wegeistwerte des Mastfußes (1a) und des Mastkopfes (1b) werden von getrennten Wegemeßsystemen (33, 34) erfaßt. Die Wegeistwerte werden mit den von der Steuerung vorgegebenen jeweiligen Wegesollwerten permanent verglichen. Bei Wegeabweichungen werden diese unmittelbar von den hochdynamischen Fahrmotoren (8a, 8b) kompensiert. Derartige hochdynamische Regelungen sind beispielsweise mit lagegeregelten Drehstromsynchron-, Drehstromasynchron-, Schritt- und/oder Gleichstrommotoren möglich. Es ist ferner vorteilhaft den unteren und oberen Fahrmotor (8a, 8b) in der Leistung etwa gleich stark auszulegen, damit horizontale Wegeabweichungen von Mastfuß (1a) und Mastkopf (1b) unter allen Betriebs- und Belastungssituationen so gering wie möglich gehalten werden. Aufgrund der — in Abhängigkeit von der je-

weiligen Massenverteilung, der Beschleunigung und der Bewegungsrichtung — erheblich schwankenden horizontalen Stütz- und Antriebskräfte sowie einer erwünschten kurzen Reaktionszeit bei Wegeabweichungen ist es erforderlich, den unteren und oberen Fahrmotor (8a, 8b) mit entsprechend hohen Drehmomentreserven auszulegen. Durch eine Gleichlaufregelung nach dem "Master/Slave" Prinzip, wobei als "Master" das Wegemeßsystem (33) oder (34) dient, dessen zugehöriger Fahrmotor (8a) oder (8b) jeweils im Augenblick im Drehmoment höher belastet ist, wird eine den Anforderungen entsprechende hochdynamische Gleichlaufregelung möglich. Die Gleichlaufregelung hat die Aufgabe, das Regalbediengerät unter allen Betriebsbedingungen in einer üblicherweise lotrechten Mastausrichtung und somit in einem Kräftegleichgewicht zu halten. Die über die Fahrwerke (2a, 2b) auf die Führungsschienen (5a, 5b) wirkenden Antriebs- und Bremskräfte der Fahrmotoren (8a, 8b) ersetzen den in gewissen Grenzen stabilen Gleichgewichtszustand herkömmlicher Regalbediengeräte, deren Gesamtschwerpunkt bei Normalbetrieb — wenn keine Gegenrollen oder Zwangsführungen verwendet werden — innerhalb des horizontalen Radabstands liegen muß.

Die von der jeweiligen Betriebssituation abhängigen Stütz- und Antriebskräfte des Regalbediengerätes werden von den Fahrmotoren (8a, 8b) kompensiert bzw. erzeugt und auf die untere und obere Führungsschiene (5a, 5b) der Regalanlage übertragen. Zur Übertragung der Kräfte eignen sich vornehmlich kraftschlüssig wirkende Fahrwerke. Die Fahrwerke (2a, 2b) sind so gestaltet, daß den Laufrädern (7a, 7b) gegenüberliegende Gegenrollen (14a, 14b), die einen Kraftschluß durch entsprechende Vorspannung an den Führungsschienen (5a, 5b) erzeugen, zugeordnet sind. Der Fahrmotor, die angetriebenen und ggf. nicht angetriebenen Laufräder, Gegen- und Führungsrollen sowie der Fahrschemel bilden ein Fahrwerk, welches den jeweiligen Führungsschienenkopf allseitig umschließt. Die Laufräder (7a, 7b), die Gegenrollen (14a, 14b) und die Führungsrollen (4a, 4b) können zur Geräuschkürzung mit z. B. Elastomerbandagen versehen werden. Der bei kraftschlüssig wirkenden Fahrwerken zu erwartende unterschiedliche Schlupf der angetriebenen Laufräder (7a, 7b), bzw. deren betriebsbedingte Abnutzung, kann von der Gleichlaufregelung über die Fahrmotoren (8a, 8b) kompensiert werden, wenn die Wege des Mastfußes (1a) und des Mastkopfes (1b) getrennt erfaßt werden. Untereres und oberes Fahrwerk (2a, 2b) sind somit autarke Einzelfahrwerke die mechanisch unabhängig voneinander an den Führungsschienen (5a, 5b) der Regalanlage verfahren und deren Wegegleichlauf durch eine elektronische Gleichlaufregelung der Fahrmotoren (8a, 8b) erzielt wird. Notfalls, z. B. bei Totalausfall eines Fahrwerkes (2a, 2b) und damit eventuell verbundener extremer Schiefstellung des Mastes (1), ist das obere Fahrwerk (2b) in der Lage das halbe Eigengewicht des Regalbediengerätes und das Hubwagengesamtgewicht zu übernehmen. Darüber hinaus ist aus Sicherheitsgründen in etwa halber Masthöhe, am Ort der unter Normalbedingungen geringsten Winkelabweichung bei Horizontalbeschleunigung/Verzögerung, ein Winkelsensor (3) angeordnet, der bei plötzlicher Schiefstellung des Mastes (1) die Fahrmotoren (8a, 8b) abschaltet und diese mechanisch abbremst. In den Fahrwerken (2a, 2b) können die Laufräder (7a, 7b) auch auf den Laufradachsen (16a, 16b) nebeneinander angeordnet sein, wenn die Radaufstandskräfte dieses erfordern. Hierdurch können z. B.

die Laufraddurchmesser klein gehalten werden, was sich günstig auf das untere vertikale Anfahrmaß des Hubwagens (9) und auf das Abtriebsmoment der Fahrgetriebe auswirkt. Darüber hinaus leiten mehrere Laufräder die bei Elastomeren entstehende innere Erwärmung besser ab, so daß dadurch höhere Fahrgeschwindigkeiten und Beschleunigungen möglich sind. Es ist ferner vorteilhaft bei mehreren Laufrädern mehr als ein Laufrad anzutreiben, da damit der horizontale Kraftschluß der Fahrwerke (2a, 2b) erhöht wird. Die Fahrwerke (2a, 2b) können ferner vorteilhaft als Balanciers ausgebildet sein, die mit dem Mastfuß (1a) und dem Mastkopf (1b) über horizontal angeordnete Kardangelenke (20a, 20b) verbunden sind. Durch diese konstruktive Maßnahme ist sichergestellt, daß die jeweiligen Laufräder (7a, 7b) gleich belastet sind und bei evtl. Schrägstellung des Mastes (1) dieser und die Fahrwerke (2a, 2b) verspannungsfrei bleiben. Zur wirksamen Geräuschkopplung von Fahrwerken (2a, 2b) und Mast (1) können die Kardangelenke (20a, 20b) auch elastisch, z. B. in Gummimetallagern (21a, 21b), oder der Mast (1) direkt auf z. B. Gummimetallementen gelagert werden. Dieses ist bei dem Regalbediengerät des erfindungsgemäßen Regallagers möglich, da Mast (1) und Fahrwerke (2a, 2b) des Regalbediengerätes nicht biegesteif miteinander verbunden sind. Diese Maßnahme reduziert die Körperschallübertragung auf den Mast (1) erheblich, weil die Abrollgeräusche der Fahrwerke (2a, 2b) stark gedämpft in den Mast (1) eingeleitet werden. Außerdem bewirkt die hohe Massenkonzentration an der Schnittstelle Mast/Fahrwerk eine deutliche Erhöhung der Eingangsimpedanz des Mastes (1), so daß die Übertragung des Körperschalls auf den Mast (1) stark abgeschwächt wird. Zusätzlich kann eine wesentliche Geräuschreduzierung durch die Verwendung von Elastomeren für Laufräder, Gegen- und Führungsrollen erzielt werden. Diese Materialien, wie z. B. Thermoplaste oder Gummiwerkstoffe weisen darüber hinaus einen hohen Kraftschlupfbeiwert auf, der die Übertragung der erforderlichen Antriebskräfte auch bei hohen Beschleunigungen und Verzögerungen ermöglicht. Durch diese geräuschkindernden Maßnahmen wird erreicht, daß das Regalbediengerät auch bei sehr hohen Fahrgeschwindigkeiten einen niedrigen Schalldruckpegel erzeugt und daher auch vorteilhaft im Aufenthaltsbereich von Personen eingesetzt werden kann. Zur Erhöhung des Kraftschlusses der angetriebenen Laufräder können die Führungsschienen (5a, 5b, 5c) an den Laufflächen auch mit einer rauen Oberfläche versehen sein.

Aufgrund des kurzen horizontalen Radabstandes des Regalbediengerätes kann der Hubwagen (9) an dem unteren Fahrwerk (2a) vorbeifahren, so daß das untere Anfahrmaß lediglich von der Höhe der unteren Führungsschiene (5a) bestimmt wird. Darüber hinaus ermöglicht der kurze Radabstand ein in Fahrtrichtung sehr kurz bauendes Regalbediengerät mit kleinen horizontalen Überhangmaßen. Durch diese Eigenschaften wird ein hoher Volumennutzungsgrad des erfindungsgemäßen Regallagers erreicht.

Aufgrund üblicher Toleranzen im Regallager, temperaturbedingter und belastungsabhängiger Höhenänderungen der Regalkonstruktion, wirtschaftlicher Verlegetoleranzen der Führungsschienen (5a, 5b) und der Kopfgangschiene (5c) sowie der funktionsbedingt engen Rollenführung der Fahrwerke (2a, 2b) an den Führungsschienen (5a, 5b, 5c) ist ein vertikaler Längenausgleich zwischen den Fahrwerken (2a, 2b) des Regalbediengerätes erforderlich, um Zwängungen zwischen dem Regal-

bediengerät und den Führungsschienen (5a, 5b, 5c) zu vermeiden. Dieser Längenausgleich erfolgt zweckmäßigerweise an dem vom Eigengewicht geringer belasteten Fahrwerk (2b). Damit ist sichergestellt, daß die sich gegenüberliegenden Führungsschienen (5a, 5b) von hohen Zwängungskräften freigehalten werden. Dieser Längenausgleich ist in seiner Amplitude durch einen mechanischen Anschlag (24), bzw. durch einen Kragen (22) begrenzt, so daß sich der Mast (1) auch bei eventueller unzulässiger Schiefstellung nicht aus den Fahrwerken (2b, 2a) ausfädeln kann. Dieser mechanischen Sicherung gegen Absturz des Mastes (1) ist eine elektrisch wirkende Endlagenbegrenzungsabschaltung (25a, 25b) vorgelegt, welche die Fahrmotoren (8a, 8b) bei unzulässiger Schiefstellung des Mastes (1) abschaltet und mechanisch wirkende Sicherheitsbremsen der Fahrwerke (2a, 2b) aktiviert. Die mechanisch wirkenden Sicherheitsbremsen werden ferner bei Energieunterbrechung, bei längeren Fahrpausen und bei unzulässiger Abweichung der Wegeistwerte von den vorgegebenen Wegesollwerten aktiviert. Hierbei werden die Fahrmotoren (8a, 8b) aus Sicherheitsgründen ebenfalls abgeschaltet.

Die statische Lagerung des Mastes (1) erfolgt als "frei aufliegender Träger" an seinen Enden winkel- und axialbeweglich, z. B. mittels Kardangelenken (20a, 20b), Gleichlaufgelenken oder biegeeweicher Verbindungen, in den Fahrschemeln (15a, 15b) der Fahrwerke (2a, 2b). Aufgrund der beschriebenen direkten Abstützung der angetriebenen Laufräder (7a, 7b) an den Führungsschienen (5a, 5b, 5c) und der damit verbundenen Elimination zusätzlicher Elastizitäten, ist für die Ermittlung der horizontalen dynamischen Durchbiegung des Regalbediengerätes lediglich die Verformung des Mastes (1) zu berücksichtigen. Diese beträgt bei einem frei aufliegenden Träger unter gleicher Punktlast nur ca. 1/16 und unter gleicher Streckenlast nur ca. 1/10 gegenüber einem "Freitrag". Durch den vorteilhaften Belastungsfall des frei aufliegenden Trägers verringern sich auch die Biegemomente aus horizontaler Massenkraft auf ca. 1/4. Da Trägheitsmoment und Querschnittsfläche bei Hohlprofilen zueinander in einem annähernd linearen Verhältnis stehen, ergibt dieses bei dem Mast (1) des erfindungsgemäßen Regalbediengerätes eine Gewichtsreduzierung in Höhe von ca. 75% gegenüber einem vergleichbaren Regalbediengerät mit einem einzelnen Fahrtrieb. Die Gewichtseinsparung wird, im Gegensatz zu Regalanlagen mit horizontalem Zahnstangenantrieb, nicht wieder durch zusätzliche Materialaufwendungen, wie z. B. Verbindungswellen und doppelte ortsfeste Zahnstangenanordnung aufgezehrt. Es ist einleuchtend, daß der Mast (1) des Regalbediengerätes der erfindungsgemäßen Regalanlage nicht nur extrem leicht, sondern dynamisch auch außerordentlich steif ist, weil der Masseneinfluß durch Streckenlast auf die Durchbiegung überproportional sinkt. Aufgrund der direkt auf die Führungsschienen (5a, 5b, 5c) wirkenden Fahrwerke (2a, 2b) sind antriebspezifische Elastizitäten und damit zusätzliche Horizontalverformungen ausgeschlossen. Aus diesem Grund kann der Mast (1), selbst bei hochdynamischen Regalbediengeräten, die beispielsweise in der Fahrbewegung mit ca. 3 m/s<sup>2</sup> beschleunigen, aus preiswerten Materialien, wie z. B. Stahl und/oder Aluminium hergestellt werden.

Aus der hohen Steifigkeit und der geringen Masse des Mastes (1) sowie der Ausschaltung weiterer Elastizitäten, die z. B. durch Zugmittel oder horizontal nicht schubfest angeordnete Führungsschienen bzw. verdrehweiche Verbindungswellen entstehen, resultiert eine ge-



genüber herkömmlichen Regalanlagen wesentlich höhere horizontale Steifigkeit des schwingungsfähigen Gesamtsystems. Diese bewirkt eine höhere horizontale Eigenfrequenz des schwingungsfähigen Feder-Massensystems "Mast/Hubwagen" bei Beschleunigung/Verzögerung des Regalbediengerätes. Hieraus ergibt sich neben einer geringeren horizontalen Auslenkung des Mastes (1) eine wesentlich kürzere Abklingdauer der Schwingungen und eine damit verbundene kürzere Beruhigungszeit des Regalbediengerätes beim Positionieren am Regalfach. Letztlich führen diese Vorteile zu einer erheblichen Steigerungsmöglichkeit der Umschlagsleistung im Regallager.

Die erfindungsgemäße Regalanlage eignet sich für nahezu alle üblichen Einsatzgebiete, wie Schwerlast-, Normallast- als auch für hochdynamische Kleinlastregalanlagen. Die oberen Einsatzgrenzen der erfindungsgemäßen Regalanlage sind erst bei horizontalen Antriebskräften gegeben, die nicht mehr sicher über die Fahrwerke (2a, 2b), die Führungsschienen (5a, 5b, 5c) und deren Befestigung auf das Regal oder das Gebäude übertragen werden können. Um diese Einsatzgrenzen möglichst weit hinauszuschieben ist es sinnvoll, die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Kardangelenke (20a, 20b) durch oder nahe an die Schwerpunktslotrechte des Regalbediengerätes zu legen. Das Kräftepaar, welches zur Abstützung des Moments aus exzentrischer Schwerpunktlage des Regalbediengerätes infolge der Gravitation wirkt und von den Fahrwerken (2a, 2b) laufend kompensiert werden muß, wird durch diese Maßnahme in seinem Betrag minimiert. Durch eine optimierte betriebsmäßige Schiefstellung der üblicherweise lotrechten Mastausrichtung kann das abstützende Kräftepaar ggf. noch weiter minimiert werden.

Die Schwerpunktlage kann in horizontaler und vertikaler Richtung des Regalbediengerätes, z. B. auch durch die Anordnung eines Gegengewichtes, Schaltschranks oder weiteren Hubwagens an der rückwärtigen Mastseite, günstig beeinflußt werden. Des weiteren kann die vorgegebene Mastausrichtung auch dann von der Lotrechten abweichen, wenn eine betriebsmäßig angepaßte Schiefstellung des Mastes (1) sinnvoll ist. Dieses ist z. B. der Fall, wenn die Regalsteher einer einzelnen Gasse unterschiedliche Schiefstellungen aufweisen oder die Regalanlage mit einer Gassenwechseleinrichtung ausgestattet ist und die Steher der verschiedenen Gassen zueinander schief stehen.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht in der Möglichkeit, das Regalbediengerät mit zusätzlich horizontal drehbaren Fahrwerken (2a, 2b) zu versehen, so daß der Mast (1) und/oder die Fahrwerke (2a, 2b) in Lagerstellen relativ zueinander um eine vertikale Achse geschwenkt werden können. Auf Grund der gelenkigen Verbindung von Mast (1) und Fahrwerken (2a, 2b) ergibt sich die Möglichkeit den Mast (1) "auf der Stelle" schwenken zu können. Dieser Vorteil kann beispielsweise genutzt werden, um den Mast (1) mit dem Hubwagen (9) und der Last (10) im Regalgang von der Fahrtrichtung vorwärts in die Fahrtrichtung rückwärts zu schwenken. Dies ist dann vorteilhaft, wenn das Regalbediengerät aus Platzgründen nicht aus der Regalzeile herausfahren kann und das Regal bis an beide Zeilenenden beschickt werden soll. Dieser Schwenkvorgang kann an einer bestimmten Stelle in der Gasse erfolgen, wobei die auskragende Last (10) bei diesem Vorgang z. B. durch ein leeres Regalfach schwenkt. Hierzu kann das Regalbediengerät mit einem oder mehreren Drehantrieben (23) versehen werden, die den Mast (1) gegen-

über den Fahrwerken (2a, 2b) um z. B.  $\pm 90^\circ$  um eine senkrechte Achse schwenken. Der Mast (1) wird hierfür an seinem unteren und oberen Ende mit Mastfußlagern (29, 30) und Mastkopflagern (31, 32) versehen, die es gestatten den Mast (1) oder die Fahrwerke (2a, 2b) in die gewünschten Winkelstellungen  $0^\circ \pm 90^\circ$  zu schwenken und über den Drehantrieb (23) zu fixieren, die zur Aufnahme — und/oder Abgabe — bzw. für den Transport einer Last erforderlich sind. Hierbei ist es sinnvoll die Mitte der Kardangelenke (20a, 20b) an den Mastenden, die Drehachse (27) und Mastkopfachse (28) auf einer Verbindungslinie anzuordnen, um Schwenkkräfte und Schwenkradius klein zu halten. In der vorteilhaften Ausbildung der Kardangelenke (20a, 20b) als flach bauesdes Gelenk können sich die Fahrwerke (2a, 2b) zwängungsfrei den mit unter Umständen größeren Toleranzen verlegten Führungsschienen (5a, 5b) und der Kopfgangschiene (5c) anpassen, ohne daß die Belastbarkeit der Fahrwerke (2a, 2b) vermindert wird. Dieses kann die Verlegekosten der Führungsschienen (5a, 5b, 5c) erheblich verringern. Die Kardangelenke (20a, 20b) sind so tief wie möglich in den Fahrstempel (15a, 15b) angeordnet, um ein seitliches Kippen der Fahrwerke (2a, 2b), infolge horizontal wirkender Stützkkräfte beim Ein- oder Auslagern der Last (1), zu vermeiden. Wenn die Situation im Regallager vom Regalbediengerät einen Wechsel von Regalgasse zu Regalgasse erfordert, kann dieser im erfindungsgemäßen Regallager mit den vorstehend beschriebenen Fahrwerken (2a, 2b) des Regalbediengerätes besonders einfach und raumsparend erfolgen. Hierzu werden mit engem Biegeradius versehene untere und obere Führungsschienen mit oder ohne Weichen in einem Kopfgang verlegt, in denen das Regalbediengerät von Gasse zu Gasse übersetzen kann. Da die Bogenstücke der Führungsschienen (5e) das gleiche Profil wie die Führungsschienen (5a, 5b) der Gassen aufweisen, wird das Regalbediengerät auch während der Kurvenfahrt kraftschlüssig abgestützt. Zur Energieversorgung des Regalbediengerätes sind die Führungsschienen (5a, 5b, 5c, 5d, 5e) am Führungsschienensteg mit Schleifleitungen (17a) versehen.

In Verbindung mit Kopfgangschienen (5c) und Schienenweichen (35, 36, 37, 38) ist es bei der erfindungsgemäßen Regalanlage möglich, eine große Zahl von Lastaufnahme- und Lastabgabestellungen des Regalbediengerätes zu erreichen, die sich aus der Lage von Bereitstell- und/oder Auslagerplätzen im jeweiligen Lager ergeben. Des weiteren ist es denkbar, daß sich bei der erfindungsgemäßen Regalanlage das Regalbediengerät innerhalb und außerhalb des Regales in einem Streckensystem aus Führungsschienen und Schienenweichen bewegt.

Die erfindungsgemäße Regalanlage kann eine Vielzahl von Lastannahme- und Lastübergabepositionen innerhalb und außerhalb der Gasse erreichen, weil das Regalbediengerät mit einem oder mehreren Drehantrieben (23) ausgerüstet ist. Aufgrund der in Fahrtrichtung äußert kurzen Abmessungen des Regalbediengerätes erlaubt es einen Gangwechsel in einem Kopfgang, der nur so breit wie die Schwenkdiagonale der zu transportierenden Last (10) zuzüglich eines sicherheitsbedingten Abstandes ist. Somit ist es den herkömmlichen Gangwechseleinrichtungen — bei denen Regalbediengerätes mit großem Radabstand verwendet werden — in Bezug auf den Volumennutzungsgrad der Regalanlage überlegen. Das erfindungsgemäße Regallager benötigt ferner keine aufwendige Flurfördereinrichtung, da die Bereitstellplätze für die ein- und auszulagernden La-

deeinheiten an nahezu beliebigen Stellen der Lagervorzone liegen können und die Ladeeinheiten sowohl in Einlagerungsrichtung längs als auch quer vom Regalbediengerät direkt aufgenommen werden können.

Die Erfindung wird nachfolgend in verschiedenen Ausführungsformen anhand von Zeichnungen erläutert. Es zeigt

**Fig. 1** zeigt die untere und obere Führungsschiene und das Regalbediengerät der erfindungsgemäßen Regalanlage in einer Seitenansicht,

**Fig. 2** zeigt einen Schnitt durch das untere Fahrwerk und die untere Führungsschiene des Regalbediengerätes der erfindungsgemäßen Regalanlage,

**Fig. 3** zeigt einen Schnitt durch das untere Fahrwerk und dessen Lagerung im Mastfuß des Regalbediengerätes und die untere Führungsschiene der erfindungsgemäßen Regalanlage,

**Fig. 4** zeigt einen Schnitt durch das obere Fahrwerk und dessen Lagerung im Mastkopf des Regalbediengerätes und die obere Führungsschiene der erfindungsgemäßen Regalanlage,

**Fig. 5** zeigt eine Draufsicht auf eine beispielhafte erfindungsgemäße Regalanlage mit vier Gassen, gerade- und bogenförmig angeordneten Führungsschienen, vier Schienenweichen den Mast im Schnitt und der Last des Regalbediengerätes sowie verschiedene Arbeitspositionen eines Regalbediengerätes,

**Fig. 6** zeigt eine Draufsicht auf eine beispielhafte Schienenweiche der erfindungsgemäßen Regalanlage,

**Fig. 7** zeigt eine Draufsicht auf eine beispielhafte Regalgasse der erfindungsgemäßen Regalanlage mit dem Regalbediengerät, seinem unteren Fahrwerk und einen Schnitt durch den Mast in der Schwenkposition (A) der Last,

**Fig. 8** zeigt eine Draufsicht auf einen beispielhaften Kopfgang der erfindungsgemäßen Regalanlage mit dem Regalbediengerät in den Schwenkpositionen (A) und (B) der Last,

**Fig. 9** zeigt eine Seitenansicht auf eine herkömmliche Regalanlage der Fa. DEMAG, bestehend aus Führungsschienen und Regalbediengerät.

**Fig. 1** zeigt die untere und obere Führungsschiene und das Regalbediengerät der erfindungsgemäßen Regalanlage in einer Seitenansicht. Das Regalbediengerät weist einen lotrecht angeordneten Mast (1), einen an einer Mastführungsschiene (13) motorisch in der Höhe verfahrbaren Hubwagen (9), ein ausfahrbares Lastaufnahmemittel (12) und eine Last (10) auf. An dem Mastfuß (1a) des Regalbediengerätes ist das untere Fahrwerk (2a) und an dem Mastkopf (1b) ist das obere Fahrwerk (2b) angeordnet. Eine winkelbewegliche Anbindung des Mastfußes (1a) an das untere Fahrwerk (2a) erfolgt über das Kardangeln (20a), eine winkelbewegliche Anbindung des Mastkopfes (1b) erfolgt über das Kardangeln (20b). Das Fahrwerk (2a) ist an einer unteren Führungsschiene (5a) und das obere Fahrwerk (2b) ist an einer oberen Führungsschiene (5b) in Gassenrichtung geführt. Die Fahrwerke (2a, 2b) weisen elektrisch betriebene Fahrmotoren (8a, 8b) auf, welche gleichzeitig die erforderlichen Stützkräfte gegen das Kippen und die Antriebskräfte für die Horizontalbewegung des Regalbediengerätes erzeugen. Die Führungsschienen (5a, 5b) sind am Gebäude oder am Regal befestigt. Die Kraftübertragung der Fahrwerke (2a, 2b) auf die Führungsschienen (5a, 5b) erfolgt über angetriebene, kraftschlüssig wirkende Laufräder (7a, 7b). Die seitliche Abstützung des Regalbediengerätes erfolgt über Führungsrollen der Fahrwerke (2a, 2b), die auf die Führungsschienen

(5a, 5b) wirken. An der Rückseite des Mastes (1) ist ein Schaltschrank (6) angeordnet, der u. a. Steuerung, Regelung und Leistungselektronik für einen nicht dargestellten Hubmotor, das Lastaufnahmemittel (12) und die Fahrmotoren (8a, 8b) der Fahrwerke (2a, 2b) enthält. In halber Höhe des Mastes (1) ist ein Winkelsensor (3) angeordnet, der die Istwerte von Winkel, Winkelgeschwindigkeit bzw. Winkelbeschleunigung des Mastes (1) in Fahrtrichtung erfaßt. Die Istwerte des Winkelsensors (3) werden von der Steuerung des Regalbediengerätes mit den Sollwerten der vorgegebenen Mastausrichtung laufend verglichen. Bei unzulässiger Schiefstellung des Mastes (1) erfolgt eine Sicherheitsabschaltung der Fahrmotoren (8a, 8b). Das untere Fahrwerk (2a) und das obere Fahrwerk (2b) sind mit separaten Wegemeßsystemen (33, 34) ausgestattet. Das untere Wegemeßsystem (33) orientiert sich an einem unteren Meßband und das obere Wegemeßsystem (34) an einem oberen Meßband. Wegeunterschiede werden sofort durch eine hochdynamische Gleichlaufregelung von den Fahrmotoren (8a, 8b) ausgeglichen.

**Fig. 2** zeigt einen Schnitt durch das untere Fahrwerk und die untere Führungsschiene des Regalbediengerätes der erfindungsgemäßen Regalanlage. Die als breiter I-Träger ausgebildete untere Führungsschiene (5a) ist am Gebäude befestigt. An dem Kopf der Führungsschiene (5a) wird das untere Fahrwerk über die mit der Antriebsachse (16a) drehfest nebeneinander angeordneten, angetriebenen Laufräder (7a), die Gegenrollen (14a) und die seitlichen Führungsrollen (4a) geführt. Mit der Antriebsachse (16a) ist ferner der untere Fahrmotor (8a) drehfest verbunden. In dem unteren Fahrschemel (15a) sind weitere in Fahrtrichtung hintereinander angeordnete Laufräder (7a), z. B. über einen nicht dargestellten Kettentrieb, miteinander verbunden, so daß alle Laufräder (7a) angetrieben werden. Die angetriebenen Laufräder (7a), die Gegenrollen (14a) und die Führungsrollen (4a) umschließen den Kopf der unteren Führungsschiene (5a) allseitig und übertragen die horizontalen und vertikalen Stützkräfte sowie die Antriebskräfte des Regalbediengerätes auf die untere Führungsschiene (5a). Der Fahrmotor (8a) ist mit seinem Gehäuse in dem Fahrschemel (15a) abgestützt. An der unteren Führungsschiene (5a) sind am senkrechten Führungsschienensteg Schleifleitungen (17a) angeordnet, die das Regalbediengerät mit Energie versorgen und über die ggf. ein Datenaustausch, vom ortsfesten Lagerverwaltungsrechner zum Regalbediengerät und zurück, erfolgen kann. Darüber hinaus weisen die Schleifleitungen (17a) eine zusätzliche Spur auf, in welcher ein Meßband (18a) für das untere Wegemeßsystem (33) angeordnet ist.

**Fig. 3** zeigt einen Schnitt durch das untere Fahrwerk und dessen Lagerung im Mastfuß des Regalbediengerätes und die untere Führungsschiene der erfindungsgemäßen Regalanlage. Das untere Fahrwerk des Regalbediengerätes wird aus dem unteren Fahrmotor (8a), den angetriebenen Laufrädern (7a), den unteren Antriebsachsen (16a), den Gegenrollen (14a), den Führungsrollen (4a) und dem Fahrschemel (15a) gebildet. Die Antriebsachse (16a) ist verkürzt dargestellt, denn der untere Fahrmotor (8a) muß unbehindert um mindestens 180° um den Mast (1) schwenken können. Ein flach bauendes Kardangeln (20a) ist zwischen den, in Gassenrichtung hintereinander liegenden, angetriebenen Laufrädern (7a) dicht oberhalb der unteren Führungsschiene (5a) angeordnet. Es besteht aus einem mit zwei waagerechten Zapfen versehenen Innenring und einem mit um 90° versetzten und mit waagerechten Zapfen versehenen



Außenring. In dem Kardangelen (20a) stützt sich der Mastfuß über das untere Ende (27a) der Drehachse (27) und den Druckring (19) in den mit dem Mast verbundenen Mastfußlagern (29, 30) horizontal und vertikal ab. Gegen unbeabsichtigtes Ausfädeln des unteren Fahrwerks aus dem Mastfuß, z. B. beim Transport, ist die Drehachse (27) mit einem Kragen (22) versehen. Durch das Kardangelen (20a) besitzt das untere Fahrwerk eine allseitige Winkelbeweglichkeit und kann sich z. B. auf verdrehte und/oder wellenförmig verlegte Führungsschienen (5a) zwangungsfrei einstellen. Statt des Kardangelen (20a) kann beispielsweise auch ein Gleichlaufgelenk oder eine biegeeweiche Verbindung verwendet werden. Falls Mastfuß und Fahrschemel (15a) zueinander einen lotrechten Winkelfehler aufweisen, führt dieser nicht zu Zwängungen, weil das Kardangelen (20a) oder eine entsprechende biegeeweiche Verbindung Winkelabweichungen aufnehmen kann. Hierdurch ist eine wesentliche Voraussetzung für eine gleichmäßige Belastung der vier angetriebenen Laufräder (7a) geschaffen, so daß es möglich ist Elastomere aus beispielsweise thermoplastischen Materialien auch für stark beanspruchte Laufräder einzusetzen. Die Lagerung des Kardangelen (20a) in dem unteren Fahrschemel (15a) kann an den beiden äußeren Zapfen des Kardangelen (20a) in elastischen Gummimetallagern (21 a) erfolgen. In der Mittelbohrung des Kardangelen (20a) ist das untere Ende (27a) der Drehachse (27) drehfest mit dem Kardangelen (20a) verbunden. Zwischen den Mastfußlagern (29, 30) kann ein elektrischer Drehantrieb (23) angeordnet sein, der mit der Drehachse (27) drehfest verbunden ist. Er stützt seine Reaktionskräfte über sein Getriebegehäuse (23a) an einer Konsole im Mastfuß ab. Der Drehantrieb (23) wird dann eingesetzt, wenn das Regalbediengerät z. B. innerhalb der Regalgasse den Mast um die Drehachse (27) und die Mastkopfachse (28) schwenken soll. In diesem Fall wird der Mast (1) über den Drehmotor (23) in den Mastfußlagern (29, 30) und in entsprechenden Mastkopflagern gegenüber den Fahrwerken geschwenkt.

Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch das obere Fahrwerk und dessen Lagerung im Mastkopf des Regalbediengerätes und die obere Führungsschiene der erfindungsgemäßen Regalanlage. Der Mastkopf ist mit den Mastkopflagern (31, 32) versehen, in welche die Mastkopfachse (28) eintaucht. Die Mastkopfachse (28) ist entweder frei beweglich oder wird ggf. von einem an der Mastkopfachse (28) angeordneten weiteren Drehantrieb synchron zu einem unteren Drehantrieb angetrieben. Das obere Fahrwerk kann sich in den Mastkopflagern (31, 32) drehen und über die Mastkopfachse (28) eine vertikale Relativbewegung zum Mastkopf ausführen. Die vertikale Bewegung ist erforderlich um Zwängungen zu verhindern, wenn die untere Führungsschiene und die obere Führungsschiene (5b) zueinander Höhentoleranzen aufweisen. Zwischen den Mastkopflagern (31, 32) befindet sich an der Mastkopfachse (28) ein ringförmiger, in zwei Richtungen wirkender mechanischer Anschlag (24), der das Ausfädeln der Mastkopfachse (28) — die über das obere Kardangelen (20b) mit dem oberen Fahrwerk verbunden ist — aus dem Mastkopf verhindert. Des weiteren ist am Mastkopf ein Endlagenbegrenzungsschalter (25a) angeordnet, der einen unteren Fahrmotor und den oberen Fahrmotor (8b) aus Sicherheitsgründen zwangsweise abschaltet, wenn der Mast eine unzulässige Schiefstellung in Fahrtrichtung einnimmt. Hierzu ist der ringförmige Anschlag (24) mit einer Verlängerung (26) versehen, die den Endlagenbe-

grenzungsschalter (25a) betätigt. Ein weiterer Endlagenbegrenzungsschalter (25b) ist dafür vorgesehen, den unteren Fahrmotor und den oberen Fahrmotor (8b) des unteren und oberen Fahrwerks abzuschalten, wenn sich die obere Führungsschiene (5b), z. B. unter Einwirkung von Schneelasten auf das Hallendach, unzulässig abgesenkt hat. Am senkrechten Steg der oberen Führungsschiene (5b) ist ein Meßband (18b) angeordnet, über welchem ein oberes Wegemeßsystem Wegeinformationen erhält. Das obere Fahrwerk wird aus dem Fahrschemel (15b), den angetriebenen Laufrädern (7b), den Gegenrollen (14b), den Führungsrollen (4b) den oberen Antriebsachsen (16b) und dem oberen Fahrmotor (8b) gebildet. Die Antriebsachse (16b) ist verkürzt dargestellt, denn der obere Fahrmotor (8b) muß unbehindert um mindestens 180° um den Mast (1) schwenken können. Durch das Kardangelen (20b) besitzt das obere Fahrwerk eine allseitige Winkelbeweglichkeit und kann sich z. B. auf verdrehte und/oder wellenförmig verlegte Führungsschienen (5b) zwangungsfrei einstellen. Statt des Kardangelen (20b) kann beispielsweise auch ein Gleichlaufgelenk oder eine biegeeweiche Verbindung verwendet werden. Zur Geräuschreduzierung kann das obere Kardangelen (20b) an seinen äußeren Zapfen in Gummimetallagern (21b) im oberen Fahrschemel (15b) gelagert sein. Das obere Fahrwerk überträgt die Stütz- und Antriebskräfte des oberen Fahrmotors (8b) auf die obere Führungsschiene (5b).

Fig. 5 zeigt eine Draufsicht auf eine beispielhafte erfindungsgemäße Regalanlage mit vier Gassen, gerade- und bogenförmig angeordneten Führungsschienen, vier Schienenweichen (35, 36, 37, 38), den Mast im Schnitt und der Last des Regalbediengerätes sowie verschiedene Arbeitspositionen eines Regalbediengerätes. Die Arbeitspositionen (41, 42, 43, 44) des Regalbediengerätes sind beispielhaft herausgegriffen. In der Arbeitsposition (41) befindet sich das Regalbediengerät in der Endposition der linksseitigen Gasse (39) und bedient das letzte Regalfach der Regalzeilen (45, 46). In Arbeitsposition (42) hat das Regalbediengerät mit der Last den Schwenkwinkel 90° eingenommen und schwenkt hierbei mit dem vorderen Teil durch ein leeres Regaldoppelfach des Regals (46). Der dargestellte Halbkreis umschreibt den größten Drehkreis. Beim Wenden schwenkt das Regalbediengerät in der Gasse (39) um 180° und kann danach den gegenüberliegenden Anfang der Regale (46, 47) bedienen. In diesen Fällen werden Mast, Hubwagen, Lastaufnahmemittel und Last des Regalbediengerätes mit Hilfe eines Drehantriebes gegenüber dem unteren Fahrwerk (2a) und einem gleichartigen nicht dargestellten oberen Fahrwerk geschwenkt. Zum Wenden in einer Gasse ist Voraussetzung, daß der rückwärtige Überhang des Regalbediengerätes kleiner als der Abstand der Führungsschiene (5a) zum Regal in der jeweiligen Gasse ist. In der Arbeitsposition (44) hat das Regalbediengerät auf der gebogenen unteren Führungsschiene (5e) der Schienenweiche (35) und einem gleichartigen nicht dargestellten Kurvenbogen einer oberen Schienenweiche eine Winkelstellung von ca. 45° eingenommen. Gegenüber der Arbeitsposition (41) hat der Drehantrieb den Mast um ca. 90° entgegen dem Uhrzeigersinn geschwenkt. An den unteren und oberen Führungsschienen (5c) des Kopfganges (40), der quer zu den Regalgassen (39) verläuft, kann das Regalbediengerät in der Arbeitsposition (43) quer zu den Gassen (39) verfahren, bis es z. B. das rechtsseitige Ende des Kopfganges (40) erreicht. Durch Drehen des Mastes mittels des Drehantriebes kann das Regalbediengerät in Ar-

beitsposition (44) auch im Kopfgang (40) wenden. Unterer Fahrmotor (8a) und oberer nicht dargestellter Fahrmotor behalten beim Schwenken des Mastes ihre ursprüngliche Winkellage zur Führungsschiene (5c) bzw. zu der Führungsschiene (5a) bei. Der Fahrmotor (8a) ist so angeordnet, daß der Mast einen Schwenkwinkel von mindestens  $\pm 90^\circ$  ausführen kann. Am rechtsseitigen Ende des Kopfgangregales (50) kann das Regalbediengerät somit die Last in das letzte Fach des Kopfgangregales (50) einlagern. Bereitstellplätze für die Last können an den von außen zugänglichen Stirnseiten der Gassen (39) und/oder den Stirnseiten des Kopfganges (40), sowie in allen von außen zugänglichen Regalfächern der Regale (45, 46, 47, 48, 49, 50) angeordnet sein. Die kleinste erforderliche Breite des Kopfganges (40) resultiert aus dem kleinsten kollisionsfreien Schwenkradius des mit Last beladenen beispielhaften Regalbediengerätes in Arbeitsposition (44) zum Regal (45, 46). Die kleinste Kopfgangbreite wird erreicht, wenn das Regalbediengerät beim Durchfahren eines Kurvenbogens der Schienenweiche (35), mit dem Drehantrieb eine genau definierte Gegenschwenkbewegung des Mastes ausgeführt, so daß die für die Last eine weitgehende Parallelbewegung zur Führungsschiene (5a) ausführt.

Fig. 6 zeigt eine Draufsicht auf eine beispielhafte Schienenweiche der erfindungsgemäßen Regalanlage. Aufgrund des äußerst kurzen Radabstandes des Regalbediengerätes kann der Kurvenradius extrem klein gehalten werden. Auf der Weichenzunge (51) sind die mit Schleifleitungen versehenen Führungsschienen (5d, 5e) angeordnet. In der dargestellten Weichenstellung ist eine Kurvenfahrt möglich. Die zweite Weichenstellung für die Geradeausfahrt ist gestrichelt dargestellt. Durch eine nicht dargestellte elektrische Verriegelung wird sichergestellt, daß das Regalbediengerät nur auf die gebogene Führungsschiene (5e) auffahren kann, wenn sich die entsprechenden Führungsschienen (5a, 5c, 5e), bzw. (5c, 5d) gegenüberstehen. Die dargestellte Schienenweiche wird an jedem Schienenabzweig, sowohl an den unteren Führungsschienen (5a, 5c) als auch an den nicht dargestellten analogen oberen Führungsschienen, benötigt. Da sich die Schleifleitung und die Meßbänder für die Wegemeßsysteme des Regalbediengerätes an den Führungsschienen befinden und das Regalbediengerät über mitfahrende Fahrtriebe verfügt, kann es für Lager- und Transportanwendungen in beliebig langen Streckensystemen mit beliebig vielen Gassen der erfindungsgemäßen Regalanlage eingesetzt werden.

Fig. 7 zeigt eine Draufsicht auf eine beispielhafte Regalgasse der erfindungsgemäßen Regalanlage mit dem Regalbediengerät, seinem unteren Fahrwerk und einen Schnitt durch den Mast in der Schwenkposition (A) der Last. Wenn das Regalbediengerät mit seinen Fahrwerken die Führungsschiene (5c) des Kopfganges (40) über die Schienenweiche (35) verlassen und sich in die untere Führungsschiene (5a) und die nicht dargestellte obere Führungsschiene der Gasse (39) eingefädelt hat, kann es in der Schwenkposition (A) die Regalzeilen (45, 46) bedienen. Beim Überfahren der unteren Schienenweiche (35) und einer nicht dargestellten gleichartigen oberen Schienenweiche durchlaufen die Fahrwerke einen Kurvenbogen von  $90^\circ$ . Die Antriebsachsen (16a) stehen senkrecht zu der Führungsschiene (5a) und der am unteren Fahrwerk befestigte Fahrmotor (8a) befindet sich in Schwenkposition (A) zwischen der Regalzeile (46) und der Führungsschiene (5a). Der Fahrmotor (8a) ist darüber hinaus so angeordnet, daß er unbehindert die bevorzugten Schwenkwinkel  $0^\circ$ ,  $+90^\circ$  und  $-90^\circ$  des Ma-

stes (1) erreichen kann, ohne mit dem Mast oder anderen Teilen des Regalbediengerätes zu kollidieren.

Fig. 8 zeigt eine Draufsicht auf einen beispielhaften Kopfgang der erfindungsgemäßen Regalanlage mit dem Regalbediengerät in den Schwenkpositionen (A) und (B) der Last. Das Regalbediengerät befindet sich, nachdem es die Gasse (39) und die Führungsschiene (5a) sowie die nicht dargestellte obere Führungsschiene in Schwenkposition (A) verlassen hat, innerhalb des Kopfganges und der Führungsschienen (5c) mit der Last (10) in einer Arbeitsposition bei der es die Last (10) in ein Fach des Kopfgangregales (50) einlagern kann. Die unteren Antriebsachsen (16a) des Fahrtriebes (2a) stehen senkrecht zu der Führungsschiene (5c). Mast (1), Hubwagen (9) und Last (10) befinden sich mit ihren Mittellinien deckungsgleich zur Mittellinie der Führungsschiene (5c). Der Fahrmotor (8a) befindet sich zwischen Kopfgangregal (50) und Führungsschiene (5c). Der größte Schwenkkreisradius ist strichpunktiert dargestellt, er entsteht an der Lastdiagonalen. Da der Mast (1) bei der erfindungsgemäßen Regalanlage sozusagen "auf der Stelle dreht", ergibt sich ein extrem kleiner Schwenkkreisradius. Im Kopfgang kann wahlweise die Schwenkposition (A) oder (B) eingenommen werden. Dieses führt zu einem extrem schmalen Kopfgang von beispielsweise nur ca. 2 m Breite bei einem ca. 24 m hohen Regalbediengerät mit Europalette  $800 \times 1200$  und der dargestellten Längseinlagerung der Last (10) in das Kopfgangregal (50). Darüber hinaus ermöglichen die um  $90^\circ$  versetzten Schwenkpositionen (A) und (B) sowie eine zusätzlich mögliche Schwenkposition  $180^\circ$  eine nahezu beliebige Anordnung für Abgabe- und Bereitstellplätze der Last (10) im Regallager, so daß auf die üblichen Horizontalförderer in der Lagervorzone ggf. verzichtet werden kann.

Fig. 9 zeigt eine Seitenansicht auf eine herkömmliche Regalanlage der Fa. DEMAG, bestehend aus Führungsschienen und Regalbediengerät. Das untere Fahrwerk (2a), der Doppelmast (1) und das obere Fahrwerk (2b) des Regalbediengerätes sind miteinander biegesteif verbunden. Das Regalbediengerät wird an den Schienen (5a, 5b) geführt und stützt sein Gewicht über die Laufräder (7, 7a) auf der unteren Schiene (5a) ab. Die seitliche Führung der Regalbediengerätes wird von den Führungsrollen (4a, 4b) übernommen. Innerhalb des Doppelmastes (1) befindet sich ein Hubwagen (9) mit einem Lastaufnahmemittel (12) und einer Last (10). Das Laufrad (7a) wird von einem Fahrmotor (8a) angetrieben, es rollt auf der unteren Führungsschiene (5a) ab. Im Bereich des oberen Fahrwerkes (2b) ist ein Dämpfungsantrieb (11) angeordnet, der an der oberen Führungsschiene kraftschlüssig abrollt. Der Antrieb des Regalbediengerätes erfolgt kraftschlüssig und überwiegend über das Laufrad (7a), der kleinere Dämpfungsantrieb (11) dient vornehmlich zur Dämpfung von Mastschwingungen, die bei Änderungen der Fahrgeschwindigkeit durch die Massenträgheit des Regalbediengerätes und die Federwirkung des Mastes (1) entstehen.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Mast
- 1a Mastfuß
- 1b Mastkopf
- 2a Fahrwerk unten
- 2b Fahrwerk oben
- 3 Winkelsensor
- 4a Führungsrolle unten

4b Führungsrolle oben  
 5a Führungsschiene unten  
 5b Führungsschiene oben  
 5c Führungsschiene Kopfgang  
 5d Führungsschiene gerade  
 5e Führungsschiene gebogen  
 6 Schaltschrank  
 7 Laufrad  
 7a Laufrad unten  
 7b Laufrad oben  
 8a Fahrmotor unten  
 8b Fahrmotor oben 9 Hubwagen  
 10 Last  
 11 Dämpfungsantrieb  
 12 Lastaufnahmemittel  
 13 Mastführungsschiene  
 14a Gegenrolle unten  
 14b Gegenrolle oben  
 15a Fahrschemel unten  
 15b Fahrschemel oben  
 16a Antriebsachse unten  
 16b Antriebsachse oben  
 17a Schleifleitungen  
 18a Meßband unten  
 18b Meßband oben  
 19 Druckring  
 20a Kardangelenk Mastfuß  
 20b Kardangelenk Mastkopf  
 21a Gummimetallager  
 21b Gummimetallager  
 22 Kragen  
 23 Drehantrieb  
 23a Getriebegehäuse  
 24 Anschlag  
 25a Endlagenbegrenzungsschalter  
 25b Endlagenbegrenzungsschalter  
 26 Verlängerung  
 27 Drehachse  
 27a Drehachse, unteres Ende  
 28 Mastkopfachse  
 29 Mastfußlager  
 30 Mastfußlager  
 31 Mastkopflager  
 32 Mastkopflager  
 33 Wegemeßsystem unten  
 34 Wegemeßsystem oben  
 35 Schienenweiche  
 36 Schienenweiche  
 37 Schienenweiche  
 38 Schienenweiche  
 39 Gasse  
 40 Kopfgang  
 41 Arbeitsposition Regalbediengerät  
 42 Arbeitsposition Regalbediengerät  
 43 Arbeitsposition Regalbediengerät  
 44 Arbeitsposition Regalbediengerät  
 45 Regalzeile  
 46 Regalzeile  
 47 Regalzeile  
 48 Regalzeile  
 49 Regalzeile  
 50 Kopfgangregal  
 51 Weichenzunge  
 A Schwenkposition Last  
 B Schwenkposition Last

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

1. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät, welches mit am Regalbediengerätemast in der Höhe verfahrbarem Hubwagen mit horizontal verschiebbarem Lastaufnahmemittel und mit getrennt antreibbaren Fahrwerken versehen ist, die kraftschlüssig auf ortsfest angeordnete untere und obere Führungsschienen wirken, **dadurch gekennzeichnet**, daß das am Mastfuß (1a) angeordnete Fahrwerk (2a) an der unteren Führungsschiene (5a) und das am Mastkopf (1b) angeordnete Fahrwerk (2b) an der oberen Führungsschiene (5b) unter allen Betriebsbedingungen in einem Wegegleichlauf gehalten werden und somit der Mast (1) des Regalbediengerätes in einer vorzugsweise lotrechten Ausrichtung gehalten wird.

2. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrmotoren (8a, 8b) der Fahrwerke (2a, 2b) in der Leistung etwa gleich stark sind.

3. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der Quotient der kraftschlüssig übertragbaren horizontalen Antriebskräfte der Fahrwerke (2a, 2b) zu der an den Fahrwerken (2a, 2b) wirkenden Summe der vorhandenen Massen- und Kippkräfte  $\geq 1.5$  ist.

4. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die kraftschlüssig übertragbaren horizontalen Antriebskräfte der angetriebenen Laufräder (7a, 7b) durch einstellbare oder gefederte Gegenrollen (14a, 14b) erhöht werden.

5. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrmotoren (8a, 8b) der Fahrwerke (2a, 2b) vorzugsweise Drehstromsynchron-, Drehstromasynchron-, Schritt- oder Gleichstrommotoren sind.

6. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß an den Fahrmotoren (8a, 8b) der Fahrwerke (2a, 2b) Sicherheitsbremsen angeordnet sind, die das Regalbediengerät bei Unterbrechung der Energiezufuhr und im Notfall sowie im Stillstand mechanisch abbremsen oder festsetzen.

7. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung des Wegegleichlaufes das untere Fahrwerke (2a) über ein eigenes Wegemeßsystem (33) und das obere Fahrwerk (2b) über ein eigenes Wegemeßsystem (34) verfügt.

8. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß eine Gleichlaufregelung der Fahrwerke (2a, 2b) Durchmessertoleranzen sowie unterschiedlichen Schlupf der unteren Laufräder (7a) und der oberen Laufräder (7b) sowie gegebenenfalls vom Sollwert abweichende Drehzahlen der Fahrmotoren (8a, 8b) ausgleicht.

9. Regalanlage mit an Schienen geführttem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Wegegleich-

laufes der Fahrwerke (2a, 2b) nach dem "Master/Slave" Prinzip erfolgt.

10. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß als "Master" das Wege- 5  
meßsystem (33) oder (34) dient, dessen zugehöriger Fahrmotor (8a) oder (8b) jeweils im Augenblick im Antriebs- oder Bremsmoment höher belastet ist.

11. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, 10  
dadurch gekennzeichnet, daß in den Fahrwerken (2a, 2b) die Laufräder (7a, 7b) in Fahrtrichtung hintereinander angeordnet sind.

12. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, 15  
dadurch gekennzeichnet, daß in den Fahrwerken (2a, 2b) die Laufräder (7a, 7b) in Fahrtrichtung nebeneinander angeordnet sind.

13. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, 20  
dadurch gekennzeichnet, daß die Fahrwerke (2a) und (2b) in der Vertikalen winkelbeweglich mit dem Mast (1) verbunden sind.

14. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 1 bis 13, da- 25  
durch gekennzeichnet, daß das untere Fahrwerk (2a) und oberes Fahrwerk (2b) über je vier Laufräder verfügen, die in den Fahrschemeln (15a, 15b) in Fahrtrichtung hintereinander und auf den Antriebsachsen (16a, 16b) nebeneinander angeordnet 30  
sind.

15. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Fahrwerke (2a, 2b) den Kopf der Führungsschienen (5a, 5b) allseitig 35  
umfassen.

16. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 11 bis 15, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Laufräder (7a, 7b), die Gegenrollen (14a, 14b) und Führungsrollen (4a, 4b) aus Elastomeren, vorzugsweise Thermoplasten, 40  
hergestellt sind.

17. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 11 bis 16, da-  
durch gekennzeichnet, daß das untere Fahrwerk (2a) über eine senkrecht angeordnete Drehachse 45  
(27) und das obere Fahrwerk (2b) über eine Mastkopfachse (28) winkelbeweglich, vorzugsweise in Kardangelenken (20a, 20b) oder Gleichlaufgelenken, am Mast (1) befestigt sind.

18. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Kardangelenke (20a, 20b) in den Fahrschemeln (15a, 15b) in Gummimetallagern (21a, 21b) gelagert sind. 50

19. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach Anspruch 18, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Verbindungslinie der Kardangelenke (20a, 20b) in der Nähe des Gesamtschwerpunktes des Regalbediengerätes angeordnet ist. 60

20. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 17 bis 19, da-  
durch gekennzeichnet, daß an dem oberen Kardan-  
gelenk (20b), eine Mastkopfachse (28) befestigt ist, 65  
die in den Mastkopflagern (31, 32) axial verschiebbar angeordnet ist.

21. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, da-

durch gekennzeichnet, daß die axiale Verschiebung der Mastkopfachse (28) in ihrer Amplitude durch einen Anschlag (24), der sich an den Stirnseiten der Mastkopflager (31, 32) abstützt, mechanisch be-  
grenzt ist.

22. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 20 und 21, da-  
durch gekennzeichnet, daß bei unzulässiger Schiefstellung des Mastes (1) die Fahrmotoren (8a, 8b) abgeschaltet werden.

23. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 20 und 21, da-  
durch gekennzeichnet, daß bei unzulässiger Abweichung des vertikalen Abstandes der Führungsschienen (5a, 5b) die Fahrmotoren (8a, 8b) ab-  
geschaltet werden.

24. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 22 und 23, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Abschaltung der Fahrmotoren (8a, 8b) über die Endlagenbegrenzungsschalter (25a, 25b) erfolgt, die von einer Ver-  
längerung (26) des Anschlags (24) der Mastkopfachse (28) betätigt werden.

25. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, da-  
durch gekennzeichnet, daß bei unzulässiger Schiefstellung des Mastes (1) über einen Winkelsensor (3) der Winkel, bzw. Winkelgeschwindigkeit oder Winkelbeschleunigung erfaßt, aus Sicherheits-  
gründen eine Abschaltung der Fahrmotoren (8a, 8b) erfolgt.

26. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, da-  
durch gekennzeichnet, daß der Winkelsensor (3) in etwa halber Masthöhe angeordnet ist.

27. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Fahrwerke (2a, 2b) gegenüber dem Mast (1) in der horizontalen Ebene schwenkbar gelagert sind.

28. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Fahrwerke (2a, 2b) über eine Drehachse (27) bzw. eine Mastkopfachse 45  
(28) in den Mastfußlagern (29, 30) und den Mastkopflagern (31, 32), mit einem Drehantrieb (23) oder mehreren Drehantrieben, geschwenkt werden.

29. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 27 und 28, da-  
durch gekennzeichnet, daß der Mast (1) gegenüber den Fahrwerken (2a, 2b) vorzugsweise in den Schwenkwinkelpositionen 0°, +90° und -90° fi-  
xiert wird.

30. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Fahrmotoren (8a, 8b) neben dem Mast (1) angeordnet sind und diese Anordnung Schwenkwinkel von 0°, +90° und -90° des Mastes (1) zuläßt.

31. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, da-  
durch gekennzeichnet, daß die vorgegebene Ausrichtung des Mastes (1) von der Lotrechten ab-  
weicht.

32. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, da-  
durch gekennzeichnet, daß die Ausrichtung des

Mastes (1) während der Fahrbewegung des Regalbediengerätes veränderbar ist.

33. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß das Regalbediengerät im stromlosen Zustand von mechanisch wirkenden Sicherheitsbremsen, die an den Fahrmotoren (8a, 8b) angeordnet sind, in einer vorgegebenen Ausrichtung des Mastes (1) gehalten wird.

34. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsschienen (5a, 5b) in Längsrichtung zueinander möglichst unverschieblich angeordnet sind.

35. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß eine durchgehende untere Führungsschiene (5a) und eine durchgehende obere Führungsschiene (5b) im Kopfgang (40) bogenförmige Abschnitte bilden und somit mindestens zwei Gassen miteinander verbunden werden.

36. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die unteren Führungsschienen (5a, 5c) und die oberen Führungsschienen (5b) Abzweigungen bilden, an deren Schnittpunkten Schienenweichen (35, 36, 37, 38) mit Führungsschienen (5d, 5e) angeordnet sind.

37. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß die unteren Schienenweichen (35, 36, 37, 38) und zugeordnete gleichartige obere Schienenweichen lotrecht übereinander angeordnet sind.

38. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 36 und 37, dadurch gekennzeichnet, daß auf einer Weichenzunge (51) der Schienenweichen (35, 36, 37, 38) verlängerte Führungsschienen (5d) und um 90° gebogene Führungsschienen (5e) angeordnet sind.

39. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Energiezuführung des Regalbediengerätes über Schleifleitungen (18a) erfolgt, die am Steg der Führungsschienen (5a, 5c, 5d, 5e) angeordnet sind.

40. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß an der unteren Führungsschiene (5a) ein unteres Meßband (18a) und an der oberen Führungsschiene (5b) ein oberes Meßband (18b) angeordnet ist.

41. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß die Laufflächen der Führungsschienen (5a, 5b, 5c, 5d, 5e) mit einer rauen Oberfläche versehen sind.

42. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den Ansprüchen 35 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Schienenweichen (35, 36, 37, 38) und Führungsschienen (5a, 5b, 5c, 5d, 5e) ein Streckensystem für das Regalbediengerät bilden.

43. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach dem vorstehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, daß das Regalbediengerät im Streckensystem mit den eigenen Fahrwerken (2a, 2b) verfährt.

44. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß Bereitstellplätze für die Last (10) an den von außen zugänglichen Stirnseiten der Gassen (39) und/oder den Stirnseiten des Kopfganges (40), sowie in allen von außen zugänglichen Regalfächern der Regale (45, 46, 47, 48, 49, 50) angeordnet sind.

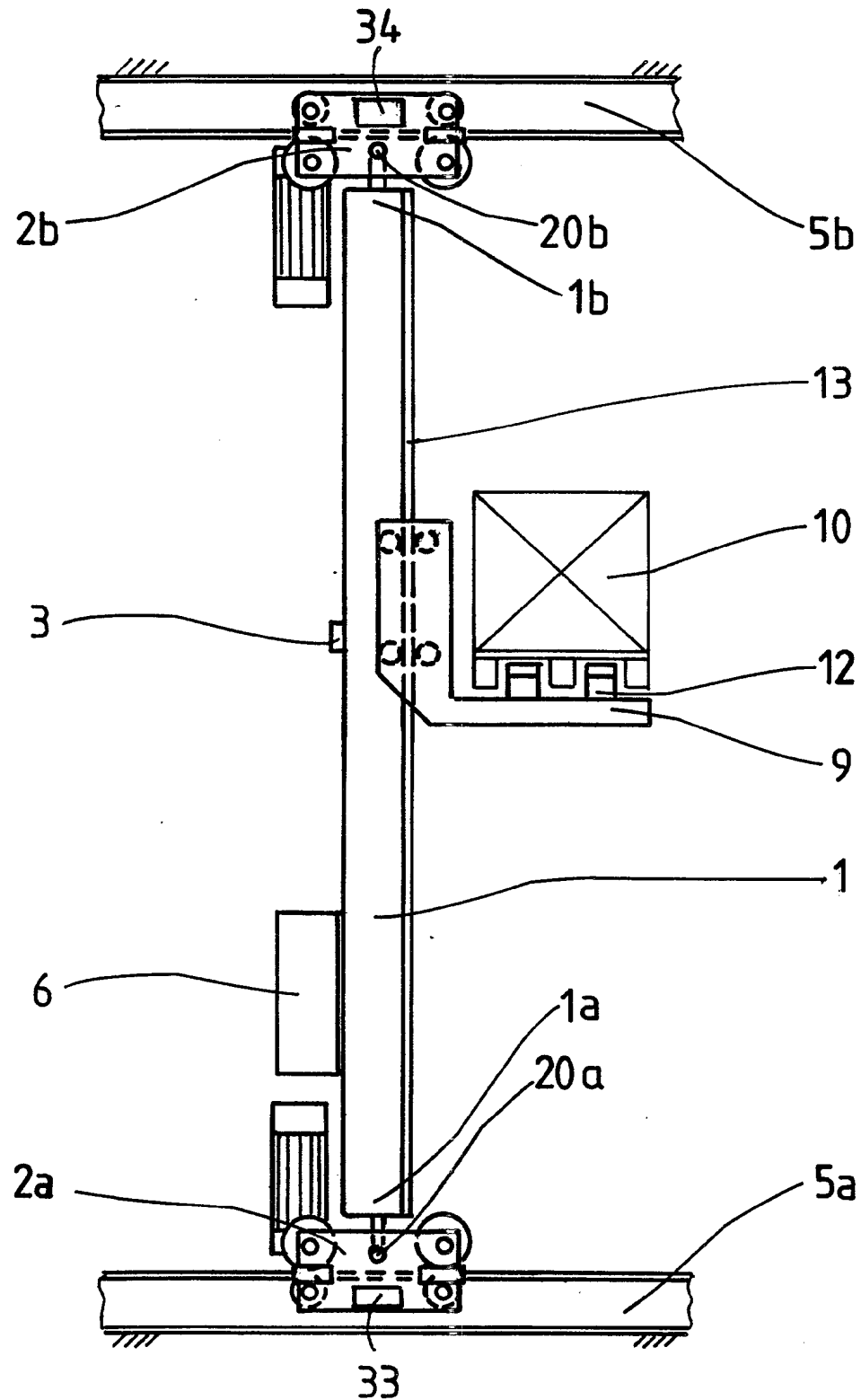
45. Regalanlage mit an Schienen geführtem Regalbediengerät nach den vorstehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der Mast (1), die Fahrwerke (2a, 2b), der Hubwagen (9) und die Schienenweichen (36, 37, 38) einen Baukasten bilden, aus dem Regalanlagen für unterschiedliche Anforderungen gebildet werden.

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig.1





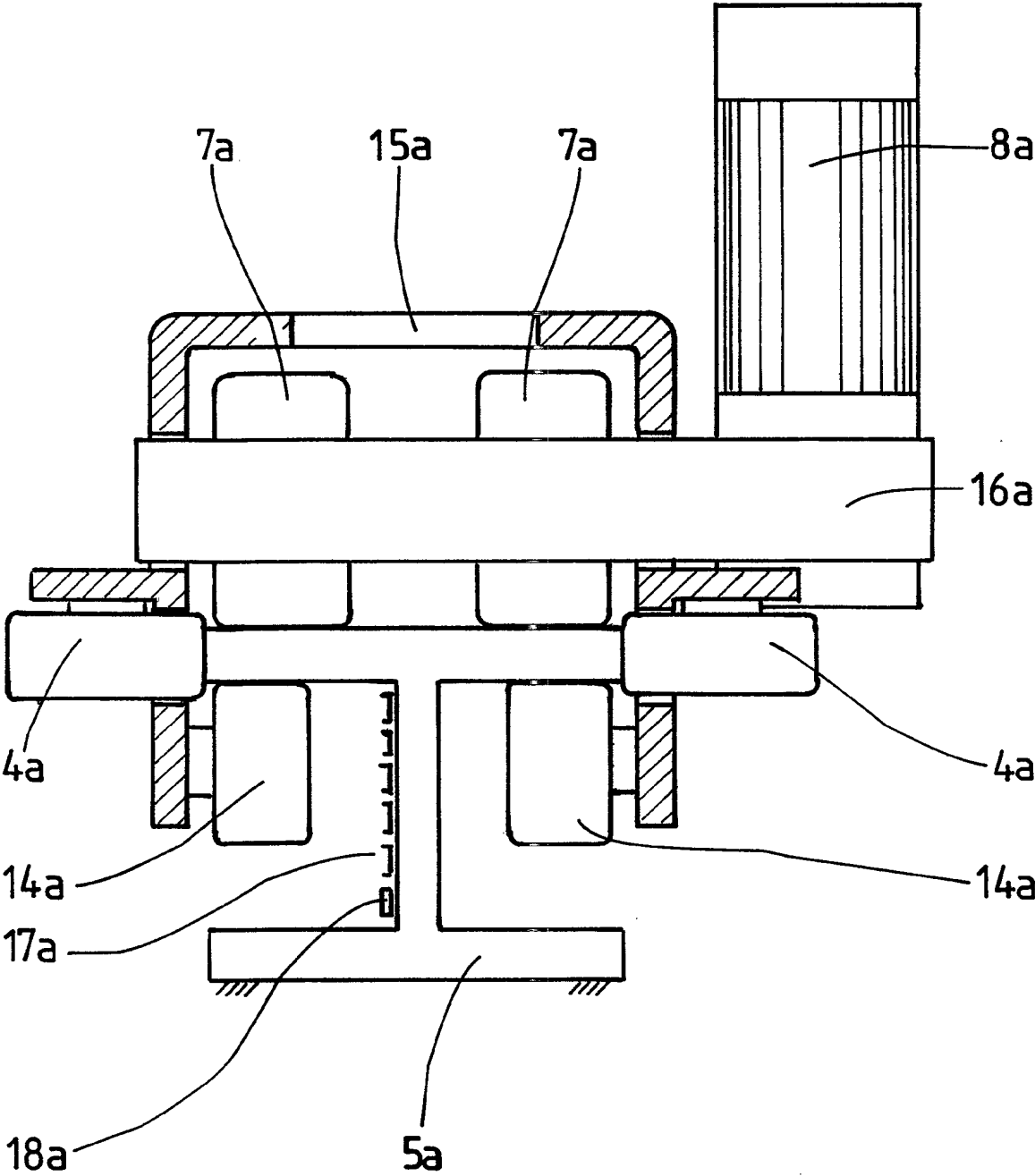


Fig. 2

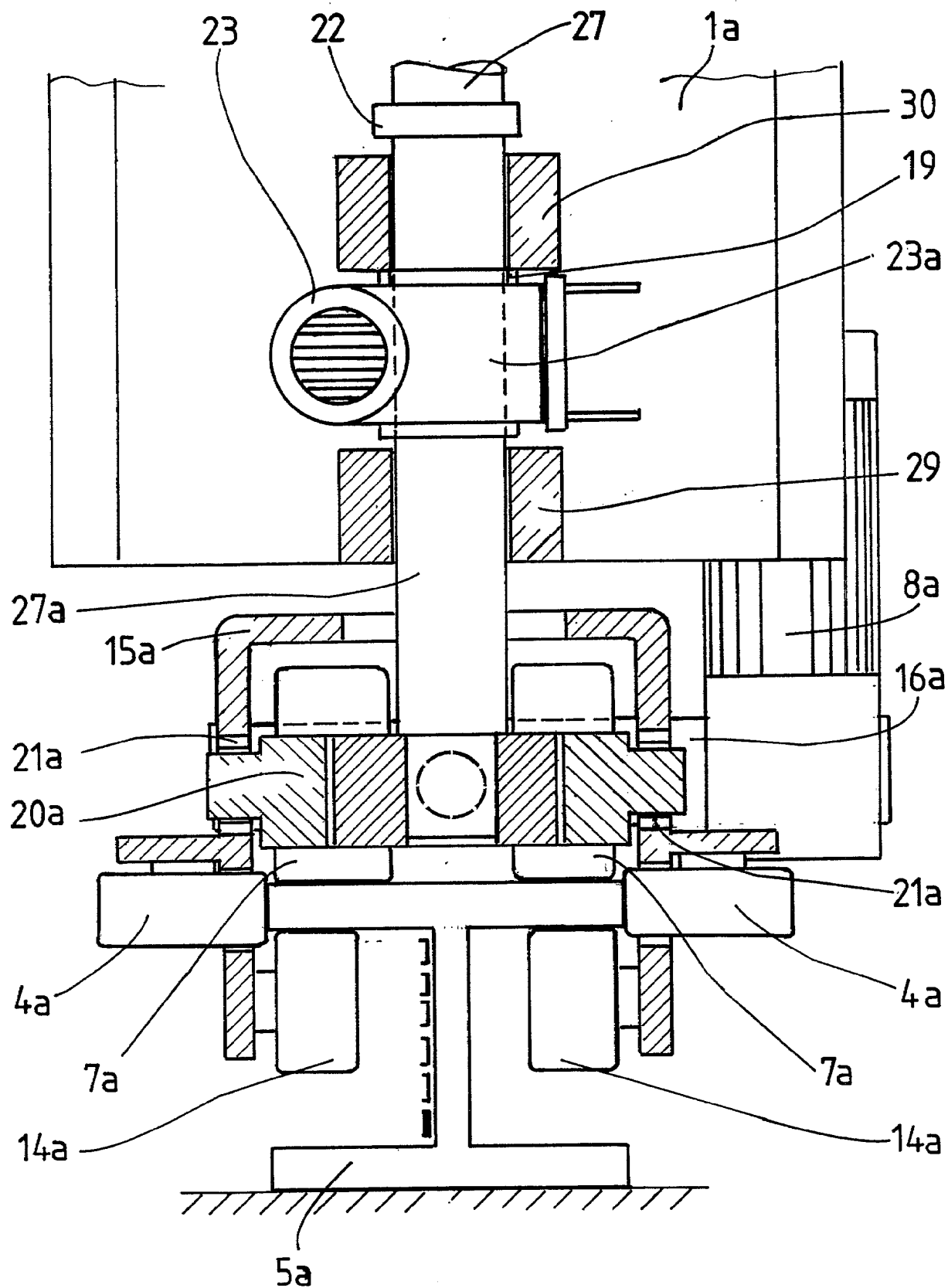


Fig.3

Fig.4

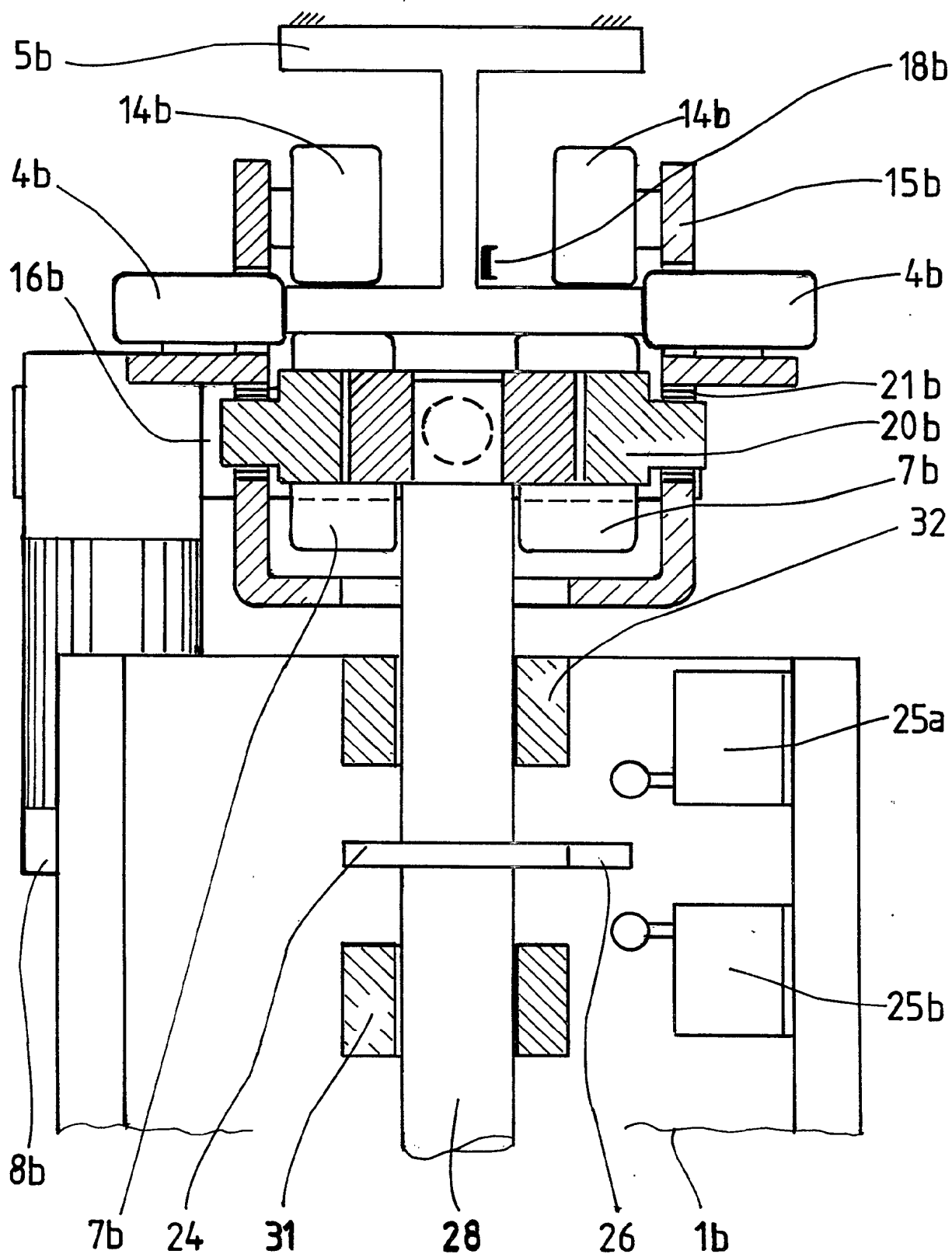


Fig.5

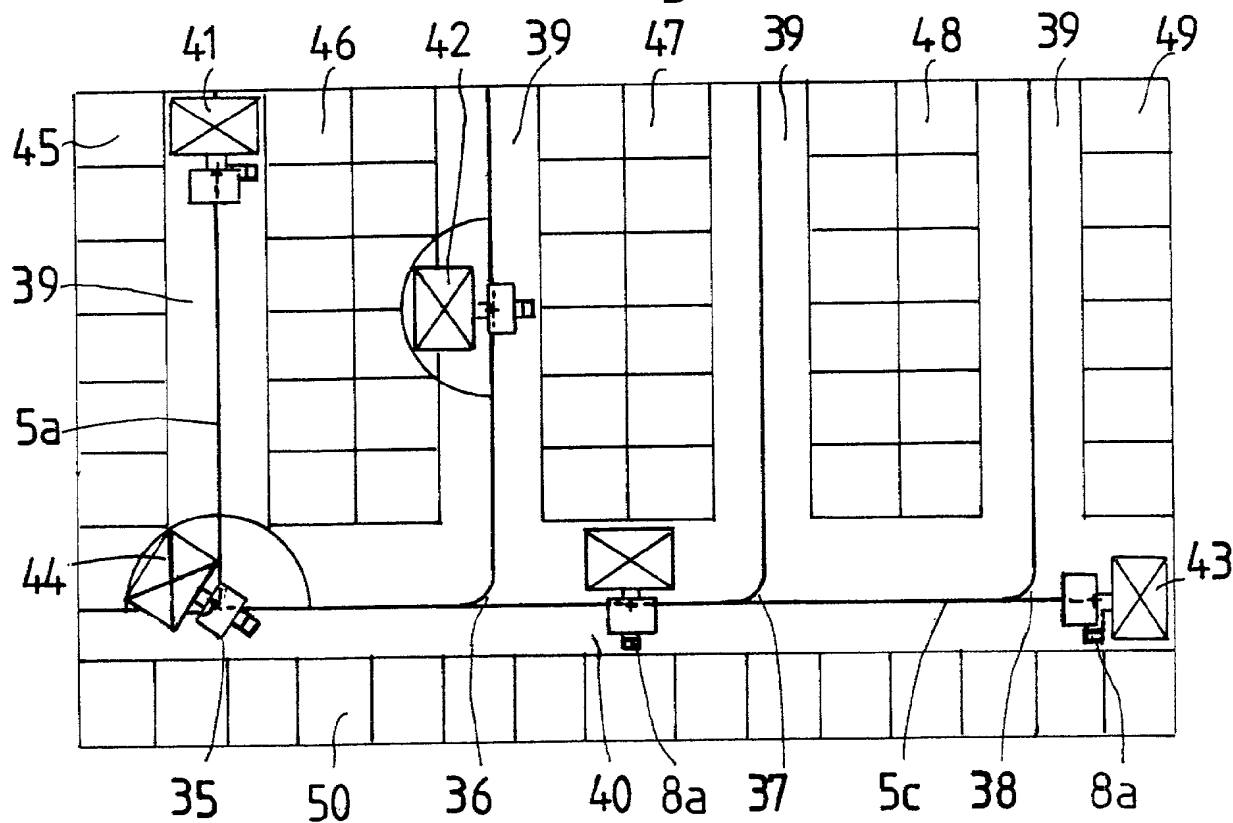


Fig.6

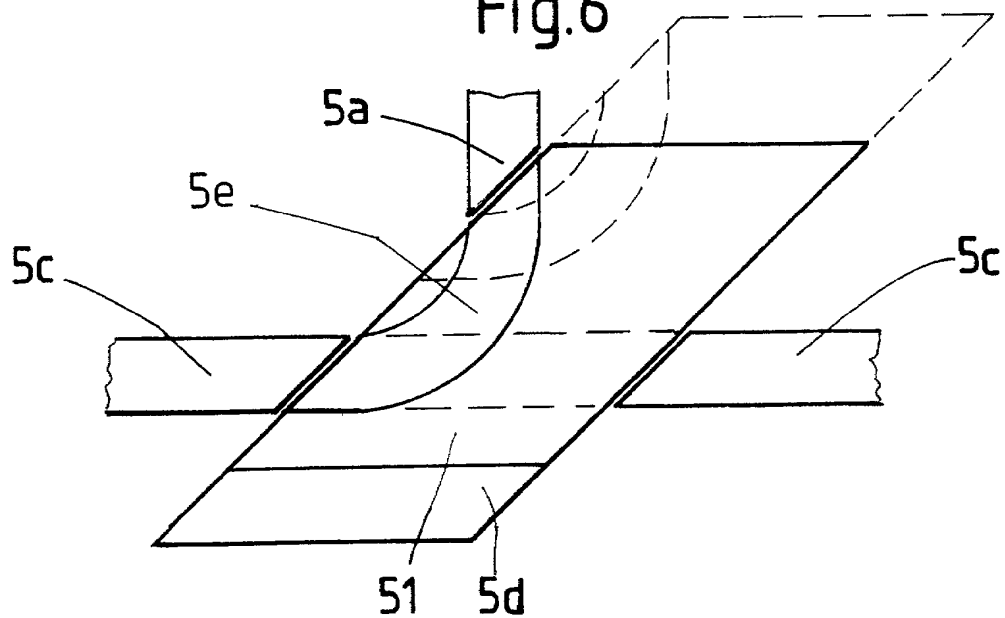


Fig. 7

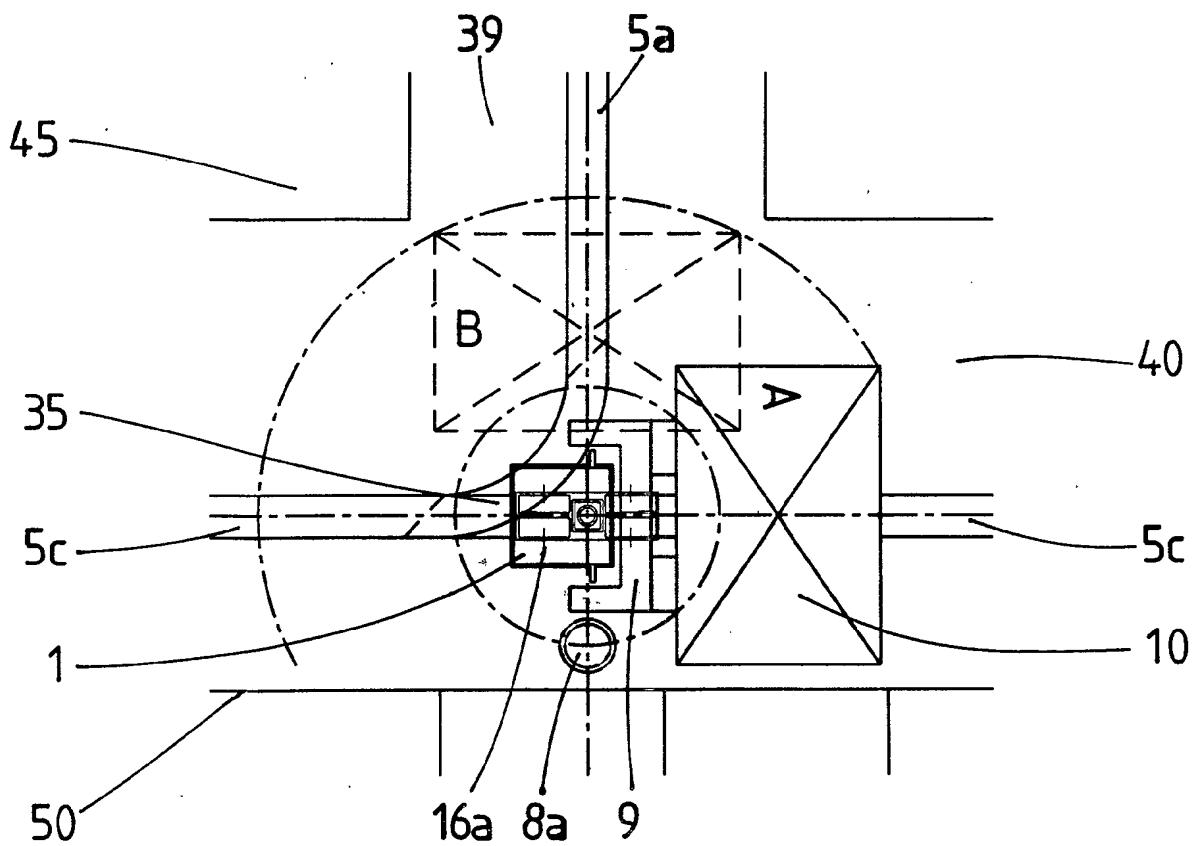
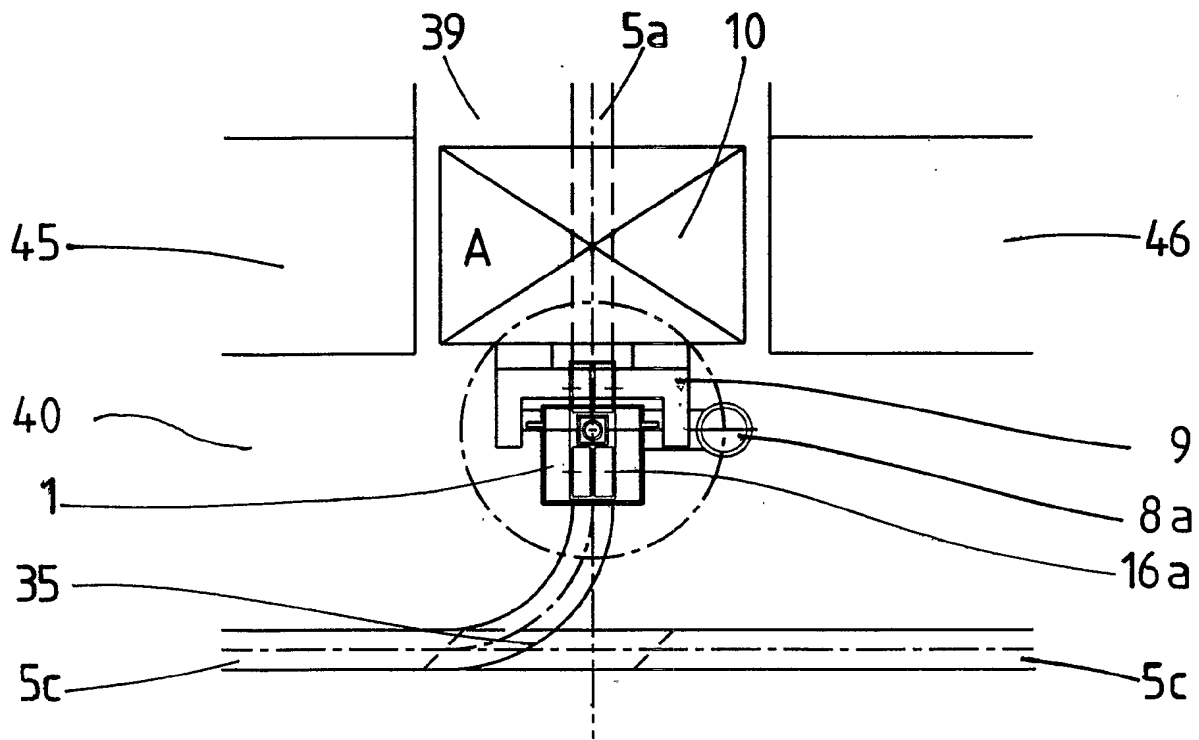
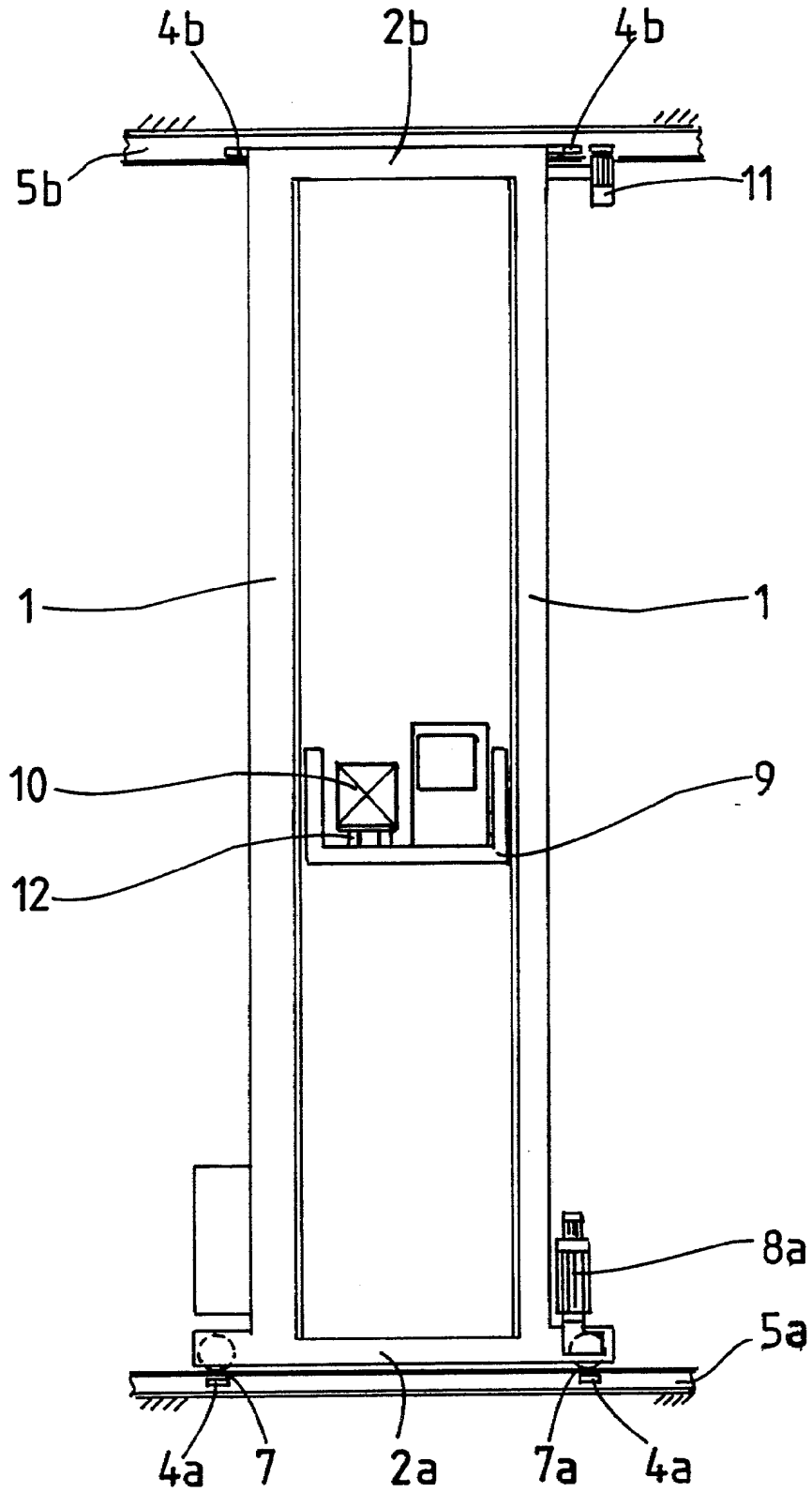


Fig. 8

Fig.9





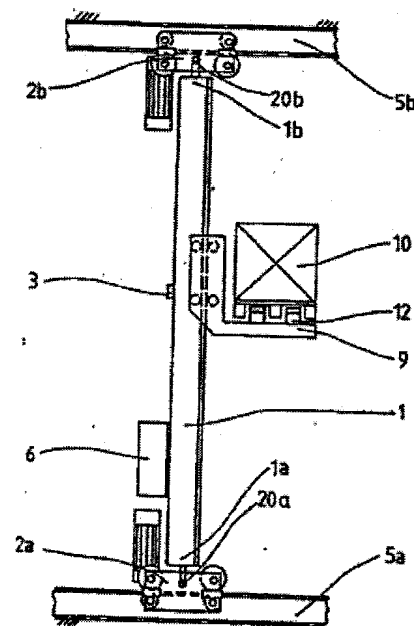
**Rail mounted shelving equipment for production line exchange**

**Patent number:** DE19534291  
**Publication date:** 1997-03-20  
**Inventor:** BITSCH AXEL DIPL ING (DE); BITSCH HARALD DIPL ING (DE)  
**Applicant:** BITSCH AXEL DIPL ING (DE)  
**Classification:**  
- **international:** B66F9/07; B66F9/07; (IPC1-7): B66F9/14; G11B15/68; B66F9/07; B66F9/24  
- **europaen:** B66F9/07B  
**Application number:** DE19951034291 19950915  
**Priority number(s):** DE19951034291 19950915

**Report a data error here**

**Abstract of DE19534291**

The shelving equipment is held between upper (5b) and lower (5a) guide rails. It comprises a height adjustable carriage (9) with a bearing shelf (12) for a load (10). This is mounted on a mast (1), which is preferably vertical. There is a driving gear (2b, 2a) mounted at the mast's top (1b) and bottom (1a) respectively. Both of these run in the same direction, and are preferably driven by motors.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide